

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1902-1903 — N° 141

---

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE  
DES  
**EFFETS MORTELS**  
PRODUITS PAR LES  
**Courants Électriques**

---

**THÈSE**

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

*Et soutenue publiquement le 14 Février 1903*

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

**Paul-André-Jean GALIMARD**

EX-PRÉPARATEUR DE PHYSIQUE MÉDICALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE

*Né à Dijon, le 11 octobre 1879*



**LYON**

IMPRIMERIE WALTENER & C<sup>e</sup>, SUCCESSIONS DE MOUGIN-RUSAND

3, RUE STELLA, 3

1903



CONTRIBUTION A L'ÉTUDE  
DES  
EFFETS MORTELS  
PRODUITS PAR LES  
Courants Électriques



FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1902-1903 — N° 141

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE  
DES  
**EFFETS MORTELS**

PRODUITS PAR LES

**Courants Électriques**

**THÈSE**

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

*Et soutenue publiquement le 14 Février 1903*

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

**Paul=André=Jean GALIMARD**

EX-PRÉPARATEUR DE PHYSIQUE MÉDICALE A LA FACULTÉ DE MÉDECINE

*Né à Dijon, le 11 octobre 1879*

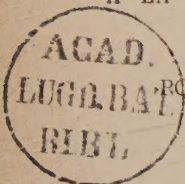


**LYON**

IMPRIMERIE WALTENER & C<sup>ie</sup>, SUCCESSEURS DE MOUGIN-RUSAND

3, RUE STELLA, 3

1903



# PERSONNEL DE LA FACULTÉ

|                      |           |
|----------------------|-----------|
| MM. LORTET. . . . .  | DOYEN.    |
| LACASSAGNE . . . . . | ASSESEUR. |
| CROLAS. . . . .      | QUESTEUR. |

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM. PAULET, CHAUVEAU

## PROFESSEURS

|                                                          |                |
|----------------------------------------------------------|----------------|
| Cliniques médicales . . . . .                            | MM. LÉPINE.    |
| Cliniques chirurgicales . . . . .                        | BONDET.        |
| Clinique obstétricale et Accouchements. . . . .          | BARD.          |
| Clinique ophtalmologique . . . . .                       | PONCET.        |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques. . . . . | JABOULAY.      |
| Clinique des maladies mentales . . . . .                 | FOCHIER.       |
| Clinique des maladies des enfants . . . . .              | GAYET.         |
| Physique médicale . . . . .                              | GAILLETON.     |
| Chimie médicale et pharmaceutique . . . . .              | PIERRET.       |
| Chimie organique et Toxicologie . . . . .                | WEILL.         |
| Matière médicale et Botanique . . . . .                  | MONOYER.       |
| Parasitologie . . . . .                                  | HUGOUNENQ.     |
| Anatomie . . . . .                                       | CAZENEUVE.     |
| Anatomie générale et Histologie. . . . .                 | FLORENCE.      |
| Physiologie. . . . .                                     | LORTET.        |
| Pathologie interne . . . . .                             | TESTUT.        |
| Pathologie externe. . . . .                              | RENAUT.        |
| Pathologie et Thérapeutique générales . . . . .          | MORAT.         |
| Anatomie pathologique . . . . .                          | TEISSIER.      |
| Médecine opératoire . . . . .                            | AUGAGNEUR.     |
| Médecine expérimentale et comparée. . . . .              | MAYET.         |
| Médecine légale . . . . .                                | TRIPRIER.      |
| Hygiène . . . . .                                        | POLLOSSON (M.) |
| Thérapeutique. . . . .                                   | ARLOING.       |
| Pharmacologie . . . . .                                  | LACASSAGNE.    |
|                                                          | COURMONT (J.)  |
|                                                          | SOULIER.       |
|                                                          | CROLAS.        |

## CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

|                                                     |                           |
|-----------------------------------------------------|---------------------------|
| Clinique des maladies des femmes. . . . .           | MM. POLLOSSON (A.) agrégé |
| Maladie des voies urinaires . . . . .               | CHANDELUX, —              |
| Maladies des oreilles, du nez et du larynx. . . . . | LANNOIS, —                |
| Propédeutique médicale . . . . .                    | ROQUE, —                  |
| Propédeutique chirurgicale . . . . .                | ROLLET, —                 |
| Propédeutique de gynécologie . . . . .              | CONDAMIN, —               |
| Anatomie pathologique . . . . .                     | DEVIC, —                  |
| Physiologie. . . . .                                | DOYON, —                  |
| Accouchements . . . . .                             | FABRE, —                  |
| Botanique . . . . .                                 | BEAUVISAGE, —             |

## AGRÉGÉS

| MM.     | MM.             | MM.            | MM.           |
|---------|-----------------|----------------|---------------|
| ROUX.   | SIRAUD.         | BÉRARD.        | VILLARD.      |
| COLLEL. | DURAND.         | SAMBUC.        | TIXIER.       |
| BOYER.  | PIC.            | BORDIER.       | FABRE.        |
| BARRAL. | PAVIOT.         | COURMONT (P.). | REGAUD.       |
| MOREAU. | NOVE-JOSSERAND. | CHATIN.        | CAUSSE, ch... |
| VALLAS. |                 |                |               |

M. BEAUDUN, Secrétaire

## EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. ARLOING, *Président*; M. BORDIER, *Assesseur*;  
MM. P. COURMONT et CHATIN, *Agrégés*.

*La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propre à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation*

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

Faible témoignage de profonde affection et sincère reconnaissance

A MA GRAND'MÈRE

A MA FEMME

A MON FRÈRE — A MES SŒURS

*MEIS ET AMICIS*

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR ARLOING

Membre Correspondant de l'Institut

Professeur de Médecine expérimentale à la Faculté de Médecine

Directeur de l'Ecole Vétérinaire de Lyon

Directeur-Inspecteur de l'Institut antituberculeux d'Hauteville

Officier de la Légion d'Honneur

A MONSIEUR LE DOCTEUR BORDIER

Professeur agrégé à la Faculté de Médecine

## INTRODUCTION

---

La question des effets mortels dûs à l'électricité est toute d'actualité. Les conducteurs d'électricité se multiplient d'une façon considérable autour de nous. Sur nos têtes, passe un réseau très serré de fils (fils téléphoniques, fils servant à l'éclairage ou à la traction électrique etc.); dans le sol, circulent des conducteurs souvent chargés d'électricité à tension très élevée. Si l'isolement de tous ces fils n'est pas parfait, si une cause quelconque vient mettre en contact plusieurs de ces conducteurs, nous pouvons être exposés à recevoir des décharges plus ou moins puissantes dont les effets se manifestent soit par la mort, soit par des paralysies, paraplégies, etc... Dans l'industrie électrique, dans les stations centrales d'électricité particulièrement, on signale très souvent des cas d'accidents mortels. Aussi croyons-nous utile de montrer quelles sont les conditions nécessaires pour provoquer la mort, quel est le mécanisme de la mort et quels sont les moyens de secours à apporter aux victimes des courants électriques.

En traitant cette question, nous ne prétendons pas faire œuvre nouvelle ; nous avons seulement voulu réunir en une vue d'ensemble ce qui avait paru sur ce sujet. De nombreux auteurs s'en sont occupés, mais nous devons une mention spéciale à MM. PRÉVOST et BATTELLI (de Genève) qui ont fait paraître depuis 1899 une série d'articles remarquables sur le mécanisme de la mort par les courants électriques.

Nous traiterons successivement des différentes formes de courant électrique et nous donnerons pour chacun d'eux les opinions émises par les divers auteurs sur le mécanisme de la mort.

Le premier chapitre aura trait à la mort par les courants continus. Nous étudierons, dans un second chapitre, d'une façon toute particulière, les courants alternatifs qui sont le plus habituellement employés dans l'industrie et qui sont aussi les plus dangereux. Les courants faradiques et les courants de haute fréquence seront l'objet des troisième et quatrième chapitres. Le cinquième chapitre sera réservé à l'étude des décharges électriques.

Nous terminerons par la prophylaxie et le traitement des accidents électriques.

Avant d'aborder l'étude de notre sujet, nous voulons, moins pour nous conformer à l'usage reçu que pour remplir un devoir de justice dont notre cœur ne saurait nous dispenser, offrir à nos Maîtres l'hommage ému de notre profonde reconnaissance.

Cet hommage, nous demandons à M. le professeur agrégé BORDIER de vouloir bien être le premier à l'agréer.

Nous garderons toujours le souvenir du temps que nous avons passé auprès de lui en qualité de préparateur ; il a été pour nous plus qu'un maître, il a mis libéralement à notre disposition ses connaissances si étendues et si variées ; c'est à lui que nous devons d'avoir entrepris et mené rapidement à bien ce modeste travail. Pour un tel bienfait, ce merci public ne saurait suffire ; il est du moins l'expression du plus sincère et intime sentiment.

M. le professeur ARLOING a bien voulu accepter la présidence de notre thèse. Nous le remercions très respectueusement de l'honneur qu'il a daigné nous accorder et qui couronne notre travail de la manière la plus flatteuse.

Nous serions bien ingrat d'oublier M. le professeur BONDET et les marques si évidentes de confiance qu'il nous a données. La respectueuse affection que nous lui portons ne sera pas de celles qui s'effacent avec les années.

Notre reconnaissance s'étend aussi à M. le professeur agrégé Paul COURMONT, qui a bien voulu, ainsi que M. le professeur agrégé CHATIN, accepter de faire partie du jury de notre thèse, et dont le souvenir, pour n'avoir mis que peu de temps à se fixer dans notre esprit, n'en restera pas moins parmi les meilleurs de nos années d'études médicales.

Qu'il nous soit enfin permis de dire à notre frère Joseph quel précieux appui nous avons trouvé en lui ! Pour nous être utile, il n'a ménagé ni son temps, ni ses forces ; il nous a aidé avec un dévouement infatigable dans les recherches que nécessite une semblable étude, et ce n'est que justice de lui attribuer ici une grande part du mérite que peut avoir ce travail.

## CHAPITRE PREMIER

### COURANTS CONTINUS

---

On appelle courant constant ou galvanique, un courant dont l'intensité a la même valeur, quel que soit le moment auquel on le considère. Le courant continu est le courant qui est défini par une ligne parallèle à l'axe des temps, lorsque l'état permanent est établi. A ce moment, c'est donc un courant constant.

L'état permanent ne peut être établi d'emblée, car il est précédé et suivi de deux périodes variables qui vont l'une en croissant, l'autre en décroissant. Ce sont les états variables de fermeture et de rupture qui sont plus ou moins rapides et produisent des excitations appelées excitations de fermeture et de rupture. D'Arsonval y attachait une grande importance pour expliquer la mort par les courants continus.

Les courants continus peuvent être produits par des piles ou des dynamos.

Prévost et Battelli ont expérimenté les courants continus sur des chiens, des lapins, des cobayes et des rats. Les effets obtenus avec les dynamos étaient les mêmes que ceux produits par les piles, à voltage égal. Ils n'ont pu dépasser une différence de potentiel de 550 volts dans leurs expériences. Pour ces expérimentateurs, le mécanisme de la mort par les courants continus est le même que celui présenté par les courants alternatifs. Dans leurs expériences, les électrodes étaient placées dans la bouche et dans le rectum ou sur les cuisses.

Avec un courant de 550 volts passant pendant un instant très court (une secousse), on obtient, chez le chien, une chute immédiate de la pression qui tombe à zéro après avoir présenté une légère élévation au moment de la fermeture du courant. Cette chute de la pression est due à une paralysie du cœur qui offre alors des trémulations ventriculaires semblables à celles observées avec les courants alternatifs (1). Le système nerveux est très atteint ; la respiration cesse pendant quelques secondes, puis reprend faible et superficielle et bientôt cesse complètement, consécutivement à l'arrêt de la circulation.

On obtient la paralysie du cœur avec un courant de force électromotrice peu élevée (50 à 70 volts) à condition de faire durer le contact environ deux à trois secondes.

---

(1) Nous avons préféré exposer au chapitre des courants alternatifs tous les phénomènes produits par les courants électriques, car les courants alternatifs sont les plus employés dans l'industrie et aussi les plus dangereux.

Au-dessous de 50 volts, on ne peut produire les trémulations ventriculaires. Au-dessus de 40 volts, on constate l'apparition de convulsions tétaniques qui manquent, au contraire, avec des tensions plus faibles.

Chez les cobayes, il faut un courant d'au moins 100 volts pour produire la paralysie du cœur, mais elle est très passagère et ne paraît être définitive qu'avec une différence de potentiel de 250 à 300 volts. Avec des courants de 500 volts environ, il est rare que le cœur soit paralysé. Les accidents nerveux sont, par contre, très prononcés et provoquent souvent la mort; la sensibilité est très atteinte, et les cobayes dont la respiration se rétablit restent très abattus, sans réaction, et ne se remettent que lentement. Souvent même, ils succombent bientôt, consécutivement aux troubles du système nerveux central. On produit très facilement les trémulations ventriculaires chez le lapin et le rat, mais le cœur se rétablit assez rapidement.

Chez tous ces animaux, les troubles du système nerveux central ont paru, à tension égale, être plus graves avec les courants continus qu'avec les courants alternatifs.

Les secousses de fermeture et de rupture du courant ont-elles une action sur la production de la mort? M. d'Arsonval a affirmé que les courants continus ne sont dangereux que par l'extra-courant de rupture. Prévost et Battelli ont fait des expériences dans lesquelles ils supprimaient presque complètement ces secousses en interposant dans le circuit un rhéostat liquide pouvant offrir une résistance de 1 à 15.000 ohms.

Ils ont montré que la secousse de fermeture n'était pas nécessaire pour produire la paralysie du cœur, la secousse de rupture non plus, si le voltage était suffisant. Au-dessous de 70 volts, la secousse de rupture favorise, chez le chien, l'apparition des trémulations ventriculaires.

Avec des courants de 500 volts, la secousse de rupture fait rebatte, chez le cobaye, les ventricules qui étaient en trémulation pendant le passage du courant. Si on supprime cette secousse, en interposant le rhéostat liquide, la paralysie du cœur peut rester définitive.

Quant aux troubles de la sensibilité, à l'action sur le centre respiratoire, les secousses de rupture et de fermeture n'ont aucune action appréciable. Le tétanos généralisé seul peut manquer, si, avec des courants à tension faible, on supprime la secousse de rupture.

Les diverses espèces animales réagissent donc différemment au moment du passage du courant.

M. le Professeur Arloing a étudié l'action des courants continus à haut voltage sur les chevaux qui ont la réputation d'être très sensibles, mais le sont encore moins que les chiens. Pour faire ces expériences, il a reproduit un fragment de ligne de tramway système Diatto (1) et les boîtes de contact superficiel nommées « plots ».

---

(1) Pour faire comprendre le système Diatto, nous reproduisons, d'après E. Gautier la description du Tramway Diatto installé à Tours :

« Le tramway Diatto appartient à la famille des tramways électriques à conducteurs, c'est-à-dire qu'il n'emporte pas avec lui,

D'après la description de Gautier, on voit que les accidents peuvent se produire quand le clou ne retombe pas dans le fond du godet. Si un cheval vient à mettre un membre sur le plot, le courant entre dans l'organisme par ce membre et sort par les autres qui sont en contact avec les rails et le sol. M. Arloing, par ses expériences, montre que les chevaux peuvent êtres sidérés et renversés par des courants continus de 450 à 500 volts.

Les courants de 450 à 500 volts agissent énergique-

---

comme les tramways à accumulateurs, son électricité emmagasinée d'avance. Il l'emprunte, chemin faisant, à un câble conducteur, tendu parallèlement aux rails, qui lui transmet l'énergie produite par une usine centrale. Ce câble est souterrain, et le long de la voie, de distance en distance, enchâssés dans la chaussée, comme des dents dans leurs alvéoles s'égrènent des pavés en fer. Chacun de ces pavés métalliques est creux et forme une sorte de cuvette à demi-pleine de mercure, sur laquelle se rabat une plaque de charbon recouverte d'un dôme en fonte. Un gros clou, également en fer — la cheville ouvrière de l'œuvre, c'est le cas de le dire, — flotte librement dans le godet de mercure, dont le fond communique par une dérivation avec le câble.

« Lorsque le tramway vient à passer au-dessus d'un de ces pavés, constituant autant de prises de courant, les barreaux aimantés placés au-dessous de la caisse de la voiture attirent le clou, dont la tête garnie de graphite vient se coller contre le couvercle de la boîte tandis que sa pointe plonge encore dans le mercure. Dès lors, le circuit est fermé entre le véhicule et l'usine ; la porte est ouverte au courant et les électromoteurs qui actionnent les roues se mettent en branle. Lorsque le tramway est passé, le clou, échappant naturellement à l'influence du barreau aimanté, retombe par son propre poids au fonds de son trou, et le circuit s'interrompt. Seulement, comme la distance entre les pavés métalliques a été calculée de façon à être toujours inférieure à la longueur de la tige aimantée, la voiture ne peut jamais perdre le contact et l'effet est continu ».

ment sur le système nerveux de l'animal, ils déterminent des convulsions toniques de tous les muscles. Pendant ces convulsions, la respiration est suspendue ; elle ne se rétablit que si le contact a été de courte durée. Les chevaux ne succombent, après avoir été renversés, que si le courant traverse leur organisme pendant 60 à 80 secondes ; au bout de 20 secondes, les animaux se relèvent et se rétablissent.

M. Arloing n'a pu explorer le cœur d'une manière suffisante, il ne saurait dire si, dans les cas mortels, le cœur s'arrête avant ou en même temps que la respiration. Cependant il est probable que la circulation est plus ou moins bien entretenue pendant la durée des convulsions toniques.

En voulant parler particulièrement des accidents qui se présentent dans la pratique, M. Arloing dit qu'un cheval qui tombe sur une ligne de tramways électriques a beaucoup de chances d'échapper aux conséquences mortelles de son contact avec le courant, si on supprime rapidement ses rapports avec le pôle positif. De plus, les dangers augmentent, si le sol est humide, et diminuent, si la chaussée est protégée par des pavés en bois et si elle est sèche.

Il ne faut pourtant pas exagérer les dangers du courant continu. A Genève, d'après Prévost et Battelli, on n'aurait constaté aucun cas mortel pour l'homme avec le courant continu de 540 volts employé dans la traction des tramways. On peut admettre que, dans l'industrie électrique, les courants continus pratiquement dangereux devraient avoir un voltage quatre ou cinq fois supérieur à celui des courants alternatifs. Le courant continu

ne commencerait à devenir dangereux qu'à une tension de 1500 volts. Or les courants continus les plus habituellement employés sont des courants de 500 volts. Ils sont largement suffisants pour faire mouvoir les véhicules à traction électrique.

Trotter a montré que, dans certaines conditions, un courant de 500 volts était complètement inoffensif pour l'homme. Nous avons vu que la résistance du corps humain au passage d'un courant était considérable. Un courant traversant de la tête aux pieds un individu debout sur un rail et tenant avec les mains un fil de trolley où circule un courant de 500 volts n'est que de 30 à 35 milliampères.

Si le contact est court, l'individu recevra un choc, mais il n'y aura pas de conséquences sérieuses. Le temps de contact nécessaire pour rendre l'accident mortel est impossible à déterminer, l'action du courant s'exerce en général peu de temps ; la victime, à moins de blessures graves occasionnées, par exemple, dans une chute, peut presque toujours se relever ou échapper à l'action du courant. Cependant la contraction musculaire peut être assez forte pour immobiliser le sujet électrisé : on cite le cas d'un employé du Métropolitain de Londres qui, s'étant assis sur le rail conducteur d'électricité, ferma le circuit en appuyant ses pieds sur le sol mouillé et ne put se relever ; il cria et fut enlevé par ses camarades. Cet homme reprit son service quelques minutes après.

Trotter, devant la Société des ingénieurs-électriciens de Londres, put se tenir debout sur un rail dans lequel passait un courant de 500 volts, s'y assit et s'y coucha.

Tous les hommes ne sont pas également sensibles au

choc électrique ; on peut admettre aussi, pour chaque individu, des variations de la susceptibilité électrique, suivant l'état de moiteur de la peau, son épaisseur, le chemin que suit le courant dans le corps, l'étendue du contact, son intimité et la nature du corps qui l'établit, l'état de santé ou de maladie, l'état d'ivresse ou de sobriété, l'état de sommeil ou de veille.

Si les courants de 500 volts ne sont pas très dangereux pour l'homme, il n'en est plus de même des courants continus à très haut voltage. Le 8 décembre 1902, à Turin, un ouvrier du nom de Giolitto appartenant à la Société de tramways de la Haute-Italie, a été foudroyé accidentellement. Le courant était de 2.500 volts environ (communication due à l'obligeance de M. le Consul de France à Turin).

Nous avons vu que chez les animaux et, en particulier, chez le chien, les courants continus occasionnaient la mort par paralysie du cœur. Peut-on rétablir le rythme cardiaque et faire cesser les trémulations ventriculaires ? *Il n'y a aucun procédé pratique* ; il en est de même pour le courant alternatif. Prévost et Battelli ont essayé de rétablir le rythme cardiaque chez le chien, quand le cœur était en trémulations ventriculaires, en le soumettant à des secousses d'un courant continu à 550 volts. Ils n'ont pas réussi ; il est peut-être probable que ce résultat eût pu être observé s'ils avaient pu disposer d'un courant continu de tension beaucoup plus élevée.

Cunningham donne une méthode difficilement applicable et bonne seulement pour les animaux et dans les laboratoires. Elle consiste à établir temporairement une circulation artificielle avec le sang défibriné et oxygéné

à travers les vaisseaux coronaires du cœur et à travers le système nerveux central. On injecte rapidement le sang de l'artère carotide et l'on ramène le sang veineux de l'extrémité inférieure de la veine jugulaire dans la veine cave et au cœur droit en évitant la susdistension du cœur. Si l'injection est bien faite et pendant un temps suffisant, le centre respiratoire reprend ses fonctions et le cœur en contractions fibrillaires peut finalement recommencer à battre régulièrement. On cesse alors la respiration artificielle.

Ce moyen est illusoire en pratique. Si la mort vient par paralysie du cœur, on est sans ressources ; s'il y a inhibition du centre respiratoire, il faut pratiquer la respiration artificielle.

#### OBSERVATION I

(Empruntée à l'*Electrical Review*)

##### *Mort par l'électricité à Hamstad (1896)*

MM. Siemens frères et Cie, ayant entrepris l'éclairage public par lampes à arc, faisaient des essais définitifs. Pendant ces essais, un de leurs employés, nommé Edward Clarkson, s'étant arrêté pour ramasser un porte-monnaie qu'il avait laissé tomber, fut mis en contact avec les fils du circuit et reçut tout le courant de l'une des dynamos. Il tomba sur le sol, et, bien que l'on eût recours à la respiration artificielle, il expira presque immédiatement.

#### OBSERVATION II

(Empruntée à l'*Electricien* 26 mars 1898)

##### *Accident survenu à Bale en février 1898*

Un jeune ouvrier, passant par la Klybeckstrasse, se rendait à son travail de bon matin ; il heurta dans l'obscurité, avec le cou, un fil téléphonique qui était tombé et reposait d'un côté

sur la ligne aérienne de tramways, et de l'autre sur une construction peu élevée, barrant ainsi le passage aux autres tramways ; par suite du court circuit formé entre la ligne à 500 volts et la terre, la température du fil téléphonique fut portée au rouge, et la frayeur causée par ce contact inopiné et brûlant, ainsi que la commotion probable, firent perdre l'équilibre au jeune homme qui tomba la face contre terre, tandis que le fil brûlant faisait anse galvano-caustique et lui coupait littéralement le cou ; sa tête ne tenait plus sur ses épaules que par la colonne vertébrale.

Le courant continu est dangereux s'il est à un haut voltage, pourtant M. Leduc, à la fin de l'année 1902, a proposé de pratiquer l'inhibition cérébrale chez l'homme, et produire ainsi l'anesthésie locale et peut-être générale. Il se sert d'un courant interrompu 150 à 200 fois par seconde, avec une tension de 12 à 30 volts et une intensité de 2 à 10 milliampères suivant les animaux. En opérant graduellement, on obtient une modification des mouvements du cœur et de la respiration, et, l'animal passe dans un état d'inhibition cérébrale analogue au sommeil chloroformique. A l'ouverture du circuit, le réveil est immédiat ; chez l'homme, le retour des fonctions cérébrales est instantané ; il ne se produit aucun mauvais consécutif.

M. Bordier a montré les résultats de l'action du courant galvanique à intermittences rapides, à la Société des Sciences médicales de Lyon, l'expérience qu'il fit sur un lapin a été tout à fait démonstrative (Octobre 1902).

A la Société de biologie, MM. Weiss, Laborde et Lapique ont dit que ces expériences pourraient être

dangereuses en raison de l'action sur le cœur. M. Leduc a toujours constaté que la respiration est inhibée avant le cœur. Si l'on maintient les animaux sans respirer pendant une minute au plus, la respiration se rétablit toujours spontanément après le passage du courant. Après une inhibition de la respiration prolongée plus d'une minute, le cœur cesse peu à peu de battre, puis s'arrête. Si, alors, on fait passer le courant un instant toutes les deux secondes, on produit des contractions généralisées qui rétablissent la circulation; celles du diaphragme produisent une respiration artificielle et l'animal est rappelé à la vie. Après deux ou trois minutes d'arrêt de la respiration, l'excitabilité de l'écorce cérébrale diminue rapidement et, une minute plus tard, le cerveau est inexcitable et la mort définitive. Avec un courant continu appliqué à la manière de M. Leduc, on obtient chez l'homme l'inhibition complète des centres cérébraux du langage et de la motilité, et l'inhibition partielle des centres de l'idéation et de la sensibilité.

Dans les cas de mort par les courants continus, trouve-t-on dans l'organisme des lésions caractéristiques?

En général, on a constaté des lésions congestives sur l'intestin et le poumon, une congestion généralisée des centres nerveux, allant parfois jusqu'à la production des foyers hémorragiques, notamment au niveau du bulbe.

Corrado (de Naples) a voulu faire l'examen microscopique de la cellule nerveuse dans ces cas. Il se servit d'un courant continu de 720 à 2.175 volts — l'intensité étant de 20 à 30 ampères — la mort était immédiate. A l'autopsie, il constata une congestion des méninges, des

suffusions sanguines à la surface du cerveau, des ecchymoses au niveau de la moëlle épinière ; dans deux cas, on nota la production de bulles de gaz sous les méninges.

L'examen microscopique lui révéla des *lésions importantes de la cellule nerveuse*. Le corps cellulaire avait subi dans son ensemble des déformations variées, telles que des érosions, dentelures, etc.

A l'intérieur de la cellule, les altérations étaient aussi nettes. La substance chromogène était dissoute, et le contenu cellulaire avait un aspect pulvérulent et homogène. Il existait de nombreuses vacuoles très prononcées. Le noyau avait, de son côté, subi diverses altérations dans son aspect, son volume, sa position. Le nucléole, qui paraissait avoir offert le plus de résistance, avait une tendance à se porter à la périphérie de la cellule.

Les prolongements, dont les altérations étaient révélées par l'imprégnation du sel argentique, étaient fragmentés pour la plupart et présentaient de l'atrophie variqueuse.

Querton retrouva les lésions décrites par Corrado, mais il n'y attache pas d'importance ; il leur conteste toute spécificité, car on les retrouve après des excitations violentes.

MM. Bordier et Piéry firent des expériences sur des cobayes. Dans une première série, ils examinèrent les cellules nerveuses de deux cobayes. Pour les tuer, ils se servirent d'un courant continu à 120 volts. Le premier cobaye reçut le courant pendant cinq secondes, avec une intensité de 3.000 milliampères ; le deuxième, 600 mA. pendant 90 secondes. La quantité d'électricité était égale à celle employée par Corrado (30 à 60 coulombs),

mais la densité du courant était plus grande, vu la différence de taille entre un cobaye et un chien.

A l'autopsie, on ne trouva aucune lésion appréciable des centres nerveux ni des viscères.

L'examen microscopique ne révéla sur aucune des coupes les lésions décrites par G. Corrado. Les cellules étaient toutes de dimension et de forme normales. Les filaments et la substance chromatique des cellules étaient bien apparents, le noyau et le nucléole d'aspect normal. Les prolongements se voyaient bien pour la plupart et aucun d'eux n'était sectionné. En résumé, *il n'y avait aucune lésion appréciable des cellules nerveuses de la moëlle et du bulbe.*

Dans leur deuxième série d'expériences, MM. Bordier et Piéry augmentent l'intensité d'action du courant sur les cellules de la moëlle épinière du cobaye. Pour arriver à ce résultat, ils plantent les deux aiguilles qui amènent le courant au corps de l'animal, l'une dans la région cervicale de la moëlle, l'autre dans la région lombaire. La distance entre les deux aiguilles était de huit centimètres ; le courant de 120 volts allait de la région lombaire à la région cervicale.

On fit passer le courant pendant trente secondes avec une intensité de 400 milliampères, puis pendant huit minutes avec une intensité de 1.200 milliampères en laissant décroître jusqu'à 300 mA. L'aiguille cervicale est ensuite placée dans le cerveau ; courant de 600 mA. pendant quinze secondes.

A l'autopsie, on ne constate aucune lésion des viscères. A l'ouverture du rachis, il existe sur la moëlle au niveau du point d'implantation de chaque aiguille une escharre avec un petit foyer hémorragique.

L'examen microscopique de la moëlle est pratiqué sur quatre fragments. Les deux premiers correspondent aux points d'entrée du courant ; la moëlle est en grande partie détruite. Les deux autres fragments sont pris, l'un à la partie supérieure de la région lombaire, l'autre à la partie inférieure de la région cervicale ; ils ne présentent aucune lésion cellulaire appréciable. Les cellules sont toutes de dimension et de forme normales. Les filaments de la substance chromatique sont distincts, aucun prolongement n'est sectionné, les vaisseaux sont normaux également.

Les cellules nerveuses de la moëlle d'animaux foudroyés ne présentent aucune altération appréciable.

Il n'y a donc pas de lésions caractéristiques de la mort par le courant continu. On ne peut faire que des suppositions.

M. Arloing, dans son travail sur l'action des courants continus à haut voltage sur les chevaux, dit que la mort par les courants à haut voltage ne laisse pas de lésions absolument caractéristiques ; cependant la coexistence de lésions congestives çà et là sur l'intestin et le poumon et dans le tissu conjonctif, de la couleur du sang et de brûlures plus ou moins étendues sur un cheval qui a été brusquement frappé, en passant sur une ligne de tramways électriques à contact superficiel, permet de conclure par l'affirmative.

---

## CHAPITRE II

---

### COURANT ALTERNATIF

---

Le courant alternatif est un courant qui subit des variations régulières, c'est-à-dire que partant de zéro pour atteindre un maximum positif, il revient à zéro pour croître ensuite dans le sens négatif, retourner à zéro et ainsi de suite. Un courant périodique étant un courant dont l'intensité varie toujours de la même façon et qui revient à une même valeur à des intervalles égaux, on voit que le courant alternatif est un courant périodique dont la période se compose de deux demi-périodes, égales et de sens contraire. On définit la fréquence d'un courant par le nombre d'oscillations soit positives, soit négatives que subit ce courant dans l'unité de temps, et la période est la fraction de temps comprise entre deux oscillations de même sens. On voit donc que le nombre qui mesure la fréquence est le double du nombre de périodes dans le même temps.

Ce ne fut qu'après la découverte des machines dynamo-électriques que l'on put étudier l'action de courants puissants sur l'organisme de l'homme et des animaux. Il se produisit, dès les premiers temps, des accidents mortels qui devinrent de plus en plus fréquents. Ce fut Grange, qui signala, le premier, deux cas de morts survenus en 1882, aux Tuileries. Le 4 avril 1887, M. d'Arsonval présente à l'Académie des Sciences un rapport sur les effets des décharges des condensateurs, des courants continus et alternatifs sur les animaux. Il étudiait le mécanisme de la mort par l'électricité sous ses différentes formes.

En 1889, Brown, Kennelly et Peterson firent, dans le laboratoire d'Edison, des expériences sur des chiens, un cheval et deux veaux, en employant des courants alternatifs et continus. Le courant continu n'a pas toujours occasionné la mort ; on l'obtenait toujours avec un courant alternatif de 160 à 180 volts appliqué pendant une seconde.

En 1890, Tatum, à la suite d'expériences sur des chiens faites au laboratoire de physiologie de l'Université de Pensylvanie, arriva à conclure que la mort est due à l'arrêt du cœur.

Vers la fin de l'année 1890, on vota, dans l'Etat de New-York, l'emploi de l'électricité comme procédé d'exécution capitale des criminels. On employait à cet effet des courants alternatifs de 1.500 volts (15 à 30 périodes par seconde). La durée du contact était de plusieurs secondes. Mac Donald a rapporté les observations des « électrocutés ».

Biraud, en 1892, fit à Lyon une thèse très étudiée

sur la mort et les accidents causés par les courants électriques de haute tension.

Puis J. Kratter, en 1896, fit de très nombreuses expériences et conclut que la mort est due à la paralysie du centre respiratoire et à l'asphyxie qui en est la conséquence.

Olivier et Bolam sont arrivés en 1898, à des conclusions différentes de celles de Kratter.

En 1899, G. Corrado étudia surtout les modifications histologiques des centres nerveux. Ses résultats ont été contredits par d'autres auteurs et notamment par MM. Bordier et Piéry en 1901 et 1902.

Le principal travail qui a paru sur la mort par les courants alternatifs est dû à MM. J. L. Prévost et F. Battelli de Genève. Ces auteurs ont fait de nombreuses expériences et ont étudié d'une manière parfaite le mécanisme de la mort, avec détermination des conditions expérimentales : nature du courant, intensité du courant, nombre des périodes, résistance, etc.

A côté de ces recherches expérimentales, on a publié, surtout en Amérique, nombre de descriptions d'accidents souvent mortels dûs à l'électricité. Parmi ces auteurs, nous citerons Eduardo Pla, Philip Donlin, Philip Coombs Knapps, Van Hoff Gosweiler, Biggs, Putnam, Barnes, Houston, Hummel, Peterson, Collins, Shield, Delepine, Buchanan, etc.

Quel est le mécanisme de la mort ? D'après d'Arsonval, la mort peut se produire de deux façons :

1<sup>o</sup> Par action directe, en frappant localement les

tissus et en détruisant d'une façon irrémédiable leurs propriétés physiologiques (effets disruptifs) ;

2° Par action réflexe ou indirecte, en produisant l'inhibition du système nerveux ; dans ce dernier cas, la mort n'arrive que secondairement, par inhibition des fonctions respiratoire et cardiaque, par asphyxie par conséquent. Pour Tatum, la mort est due à l'arrêt du cœur. Cette conclusion, Tatum la tire d'expériences faites avec des courants puissants sur des chiens atropinisés ou curarisés. Il sectionna même deux fois les deux nerfs pneumogastriques ; la mort survint aussi par arrêt du cœur. Tatum en conclut qu'il faut rechercher la cause de cet arrêt du cœur dans la paralysie musculaire de l'organe et non dans une action de l'électricité portant sur le système nerveux. Il explique son hypothèse de cette façon : « Du fait qu'immédiatement après la mort on trouve les deux ventricules distendus et pleins de sang, il est permis de supposer que ce résultat peut être produit d'une manière purement mécanique. La descente soudaine du diaphragme sous l'action d'un courant puissant, peut, en cessant tout à coup d'exercer à la surface du cœur la pression sous laquelle il travaille normalement, le dilater au-delà de sa puissance de réaction. »

Pour Philip Donlin, l'action du courant électrique mortel atteindrait d'abord le sang et secondairement les centres nerveux et les cellules nerveuses.

Biraud pense que la mort est due à l'asphyxie, consécutive à des actions d'arrêt d'origine bulbaire sur le cœur et la respiration. Ses expériences portèrent sur trois lapins. Il constata, qu'avec un courant alternatif de

2500 volts et 20 ampères, il faut douze secondes pour déterminer l'arrêt du cœur.

Des expériences nombreuses pratiquées sur diverses espèces animales, firent admettre à Kratter que la mort est due à la paralysie du centre respiratoire et à l'asphyxie qui en est la conséquence. Si le silence respiratoire dure un certain temps (deux minutes), il se produit comme dans l'asphyxie mécanique, un silence secondaire du cœur. Assez souvent cependant, l'animal commence à respirer spontanément, et, après un certain temps, il se remet complètement. Même avec 1.500 à 2.000 volts, il n'est pas toujours facile et sûr d'amener la mort. Le danger du courant électrique pour une espèce donnée d'animaux semble dépendre de l'organisation du système nerveux central et augmenter dans la même mesure que le développement du cerveau.

Le passage du courant provoque instantanément une contraction tétanique de la totalité du système musculaire et un arrêt momentané de la respiration. Kratter a constaté à plusieurs reprises la continuation des battements cardiaques en plein arrêt respiratoire. Il prit aussi des tracés de la pression artérielle sur des lapins et montra que la pression subit d'abord une élévation considérable qui est suivie d'une chute momentanée du manomètre. Dans les cas où la respiration ne se rétablit pas, la pression ne tarde pas à tomber à zéro et le cœur cesse de battre.

Olivier et Bolam sont arrivés à des conclusions différentes de celles de Kratter. Pour ces expérimentateurs, les expériences faites avec des courants alternatifs pa-

raissent établir que la mort résulte de l'action sur le cœur qui est influencé directement. A de hautes tensions, le cœur doit, selon eux, s'arrêter en même temps que la respiration, mais ils ne citent pas d'expériences à cet égard. De plus ils ont cherché, par divers moyens, à ranimer le cœur paralysé, mais n'ont pu y parvenir.

Prévost et Battelli ont fait une étude circonstanciée du mécanisme de la mort par les courants électriques. Ils ont expérimenté sur des chiens, des lapins, des cobayes et des rats. Les résultats obtenus ont un peu varié suivant les espèces animales. D'après ces auteurs, le mécanisme de la mort est différent suivant que l'on se sert d'un courant à potentiel élevé (1200 volts et au-dessus), ou d'un courant à faible force électro-motrice (ne dépassant pas 120 volts).

Les courants alternatifs, dont la force électro-motrice ne dépasse pas 120 volts, tuent par paralysie du cœur. Les troubles nerveux observés sont peu graves ; après la rupture du courant (qui n'a pas été prolongé au-delà de quelques secondes), on observe une crise de convulsions toniques puis cloniques. La respiration reprend généralement après un arrêt d'autant plus court que la tension du courant est moins élevée et que le temps d'application est moins long, mais elle cesse de nouveau, si le cœur ne reprend ses battements ventriculaires. Pour produire le téτανos, il suffit d'une tension de 20 volts quand une électrode est placée sur la tête ; il faut au moins 60 volts si les deux électrodes sont appliquées sur les membres antérieurs.

Le phénomène le plus important est celui qui se passe du côté du cœur. L'arrêt du cœur est produit par

l'apparition de trémulations fibrillaires des ventricules, les oreillettes continuant à battre. Ce phénomène est constitué par une contraction désordonnée des différents faisceaux musculaires du cœur. Dès l'apparition des trémulations fibrillaires, le rythme du cœur cesse et le sang n'est plus lancé dans les vaisseaux. On voit tout de suite les conséquences très graves de ce phénomène par exemple chez le chien. Le chien meurt toujours à cause des trémulations ventriculaires parce qu'elles sont irrémédiables chez cet animal. Chez d'autres espèces, au contraire, le rat, le cœur recouvre son rythme aussitôt que le courant est interrompu.

Chez les chiens et les cobayes dont le cœur est pris de trémulations ventriculaires durables à la suite du courant de faible force électro-motrice, la respiration continue encore quelque temps malgré la paralysie du cœur. Mais dans ces cas, il est inutile de recourir à la respiration artificielle ; dès qu'on la cesse, l'animal, atteint de trémulations ventriculaires, meurt.

Pour produire ce phénomène, il suffit que le courant ait une tension de 10 à 20 volts quand le cœur se trouve sur la ligne qui réunit les deux électrodes et que le contact dure au moins une seconde. Le phénomène des trémulations ventriculaires se produit même après la section des nerfs vagues.

Les courants alternatifs à tension élevée (1200 volts et au-dessus) appliqués de la tête aux pieds, provoquent la mort par l'arrêt de la respiration dû à l'inhibition du centre respiratoire. On observe des troubles graves du système nerveux central, surtout chez les petits animaux, car la densité du courant est plus grande que

chez les animaux de forte taille. On n'observe plus les trémulations fibrillaires du cœur ; les ventricules battent rapidement et énergiquement ; les oreillettes s'arrêtent en diastole plus ou moins longtemps. La pression artérielle subit une élévation considérable, due au téta-nos généralisé.

Si l'arrêt de la respiration est définitif, le cœur faiblit peu à peu et la pression tombe à zéro. En général, il suffit de pratiquer la respiration artificielle pour faire revenir les animaux.

Avec les courants à tension élevée, dans les cas de mort, on observe une apparition rapide de la rigidité cadavérique. Si la durée du contact n'a pas été prolongée, on ne trouve pas d'élévation de la température rectale.

Avec des courants alternatifs de 240 à 600 volts, appliqués toujours de la tête aux pieds, on note des troubles analogues, mais moins graves que ceux observés avec des courants de 1200 volts et au-dessus, chez le rat, le cobaye et le lapin. Chez le chien, ces courants produisent la paralysie du cœur en trémulations fibrillaires et l'arrêt souvent absolu de la respiration. Le centre respiratoire, frappé en même temps par le choc électrique assez énergique et par le manque de circulation, est complètement inhibé.

La variation du nombre des périodes peut faire changer les effets du courant alternatif. Biraud avait déjà indiqué qu'on obtenait un effet mortel maximum si la force électromotrice était de 150 volts environ, l'intensité assez considérable et la fréquence assez basse. Mais il n'indique pas le nombre minimum de périodes. D'après leurs expériences, Prévost et Battelli ont vu que les

courants ayant une fréquence de 150 périodes à la seconde produisent les effets mortels, avec un voltage minimum. Avec ce nombre de périodes, il ne faut qu'une tension de 15 volts pour mettre le cœur d'un chien en trémulations fibrillaires, lorsque les électrodes sont placées dans la bouche et le rectum. Mais il faut une tension très élevée (400 volts et plus) pour obtenir le même résultat, si l'on se sert d'un courant d'une fréquence de 1720 périodes par exemple.

Quand on descend au-dessous d'une fréquence de 30 périodes, le voltage minimum pour déterminer la mort s'élève légèrement, mais dans des proportions moindres que s'il s'agit de courants à périodicité très élevée.

Le nombre des périodes du courant influe aussi sur les effets sur le système nerveux. C'est toujours le courant de 150 périodes qui demande le voltage minimum (7 volts, 5) pour produire les convulsions toniques, puis cloniques. Avec des courants de 9 à 13 périodes, il faut 20 volts; avec des courants de 1720 périodes, 15 volts seulement sont nécessaires.

La respiration qui est suspendue pendant la phase de convulsions, se rétablit toujours assez rapidement (35 à 40 secondes) si le cœur n'est pas paralysé, quel que soit le nombre des périodes. Lorsque le nombre des périodes est de 150 à 500 environ, la respiration est inhibée en même temps que le cœur entre en trémulations fibrillaires. L'animal meurt sans faire un seul mouvement respiratoire.

Les courants qui présentent une fréquence de 30 à 150 périodes environ sont donc les plus dangereux,

puisque l'on obtient avec eux les effets mortels maxima; ce sont pourtant les courants les plus employés dans l'industrie, et l'on ne doit pas être étonné du grand nombre d'accidents mortels que l'on recontre presque chaque jour.

Un nouveau facteur vient s'ajouter pour rendre les courants industriels si dangereux, c'est la grande intensité qu'ils possèdent. En effet, l'organisme peut être traversé sans effet mortel, si la force électromotrice est très grande et si l'intensité est faible. C'est le cas des bobines de Ruhmkorff, qui possèdent une tension énorme et ne déterminent pas d'accidents graves, parce que leur intensité est trop faible.

Si, au contraire, la force électromotrice est faible, et l'intensité forte, on obtient la mort avec un courant interrompu. D'Arsonval admet qu'il y a production d'une grande quantité d'énergie calorifique produite par la contraction tétanique musculaire. Il se fait une coagulation de la myosine et l'on note une altération des tissus. Si l'on a soin de soumettre l'animal en expérience, à des bains froids, on le voit résister. Il faut avoir soin de distinguer si l'on opère sur de petits ou de gros animaux, à cause de la densité électrique du courant.

La densité électrique d'un courant est, en effet, le rapport de l'intensité de ce courant à la section du conducteur qu'il traverse  $D = \frac{I}{S}$ . La densité sera maxima aux points d'application des électrodes. Les lignes de flux sont concentrées autour de la ligne droite, qui relie ces deux points. L'unité de surface est traversée

par un nombre de lignes de flux beaucoup plus considérable, si on la considère dans l'espace intrapolaire, que dans l'espace extrapolaire. Si le courant qui traverse le cœur est faible, on obtient des trémulations fibrillaires ; les centres nerveux, au contraire, sont fortement inhibés, si le courant qui les traverse a une densité très grande.

Si on se place dans les mêmes conditions, les centres nerveux des petits animaux sont plus profondément atteints que ceux des gros animaux. Le cœur d'un chien est mis en trémulations fibrillaires par un courant de 15 à 20 volts, si les lignes de flux vont de la tête aux pieds. Si les électrodes sont placées sur les membres postérieurs, on peut impunément faire passer un courant de 1200 volts sans occasionner aucuns troubles, surtout si le contact n'a pas été prolongé.

Il faut un contact d'au moins une demie seconde avec un courant alternatif de 120 ou de 240 volts pour paralyser le cœur d'un chien. Le système nerveux est profondément atteint avec des durées de contact très courtes. Un douzième de seconde suffit pour obtenir des convulsions toniques et arrêt de la respiration chez le chien.

Si la durée du contact est de plus d'une seconde, et si l'on se trouve dans les conditions voulues, on obtient toujours les trémulations fibrillaires du cœur chez le chien.

Il faut, dans toutes les expériences, s'assurer que les contacts sont parfaitement établis, car les valeurs de la résistance varient surtout d'après la nature du contact entre le corps de l'animal ou de l'homme d'un côté, et

le conducteur électrique de l'autre. Le contact sera plus ou moins bon suivant l'état d'isolement ou de non-isolement des fils ou des pièces métalliques du conducteur électrique, suivant sa forme et son étendue, suivant le degré de sécheresse ou d'humidité de la peau, et surtout suivant l'état des brûlures causées par les courants à voltage élevé. Dans la grande majorité des accidents électriques graves, il se produit, au point de contact entre le corps et le fil conducteur, une brûlure plus ou moins profonde. La peau est immédiatement desséchée et carbonisée; de ce fait, le courant éprouve à passer une plus grande difficulté, car la résistance s'est trouvée brusquement augmentée. On peut expliquer de cette manière l'issue non mortelle d'accidents déterminés par des courants à voltage élevé.

Nous venons de voir quel était le mécanisme de la mort produit chez les animaux par les courants alternatifs. Que se passe-t-il chez l'homme? Il est assez difficile de le savoir. Les assistants, effrayés par l'accident, n'ont pas le calme voulu pour observer en détail ce qui se passe. D'autre part, quelles impressions ces malheureuses victimes ont-elles éprouvées? Ceux qui ont survécu n'ont pu expliquer d'une manière satisfaisante les sensations éprouvées.

M. Ludwig Guttman, dans *Electric Power*, fait une relation très complète de ce qu'il a ressenti au moment de l'accident qui lui est arrivé involontairement. Nous ne pouvons mieux faire que de reproduire cette description :

« Ayant eu sous mes ordres, dit M. Ludwig Guttman, de nombreux ouvriers effectuant des travaux sur des circuits

parcourus par des courants alternatifs, j'ai essayé d'obtenir de ceux qui avaient éprouvé des chocs des renseignements sur ce qu'ils avaient ressenti; mais, des réponses que j'ai reçues, on ne peut tirer aucune conclusion logique, sauf sur un point, celui qui concerne le temps pendant lequel ils ont cru être en communication avec le circuit. Invariablement, les hommes atteints par des courants alternatifs estiment la durée du contact beaucoup plus longue qu'elle n'a été; leurs affirmations sont contredites et l'inexactitude en est prouvée par le témoignage de ceux qui étaient présents au moment de l'accident. Un homme atteint par le courant, dira qu'il s'est trouvé dans le circuit pendant 10 minutes, tandis que la durée complète du contact n'aura été que de quelques secondes, une demi-minute au plus, comme l'affirmeront les témoins.

« Je cherchais à éclaircir ce mystère et je commençais à croire qu'il ne serait pas possible d'y parvenir, quand je rencontrai accidentellement le meilleur des moyens pour me renseigner.

« Mon laboratoire était situé au premier étage de l'usine et séparé de la partie principale de l'atelier par une cloison basse. Il y avait là quarante à cinquante hommes qui limaient, frappaient, tournaient, etc.

« La dynamo servant pour les essais était au rez-de-chaussée; le commutateur amenant le courant par un circuit spécial dans mon laboratoire, était placé entre celui-ci et la chambre d'essai des transformateurs. Ayant terminé quelques calculs relatifs à un nouveau transformateur, je sortis, j'ouvris le commutateur et je revins dans mon laboratoire. Je desserrai alors négligemment les bornes de communication, ne m'attendant pas à ce que, à mon retour, quelqu'un aurait refermé le commutateur derrière moi, ce qui, cependant, était arrivé. En saisissant d'une main le fil primaire du transformateur, et de l'autre le fil du circuit, et les retirant des bornes, je me plaçai moi-même dans le circuit à haute tension. Tenant les extrémités des fils nus, l'une dans chaque main fermée, je fus alors immobilisé par l'effet du courant et me trouvai dans l'impossibilité de lâcher les fils.

« Pendant un instant, je fus étourdi; ce moment d'inconscience passé, je me trouvai incapable de respirer, d'appeler et de me mouvoir; j'étais cloué sur place, recourbé sur moi-même. Le bruit qui se faisait dans l'atelier me paraissait devenu très faible; il me semblait que j'étais transformé en un bloc ou en quelque chose de lourd et d'insensible; les coups de marteau, si bruyants d'ordinaire, allaient comme s'éteignant dans le lointain. J'étais incapable de me reconnaître et de penser au danger dans lequel je me trouvais. Tout ce que je puis me rappeler en dehors de la faiblesse des coups de marteau, c'est que je sentais mes bras secoués comme par l'étreinte d'un homme puissamment fort, qui m'eût donné une poignée de main joyeuse et exagérée.

« Je sentais les impulsions du courant comme si elles se fussent approchées en roulant lentement, exactement, comme on voit s'approcher de grandes vagues qui viennent mourir sur la plage.

« Tout à coup, les fils me brûlèrent la peau et le contact ne fut, sans doute, plus suffisant; le courant se trouva momentanément interrompu, et je sautai en arrière, par un mouvement tout inconscient, résultant du relâchement des muscles. Je me redressai de ma position recourbée, et les fils tombèrent sur le plancher.

« J'étais libre et après une profonde inspiration, je sentis une poussée de chaleur et une faiblesse dans les jambes, ainsi qu'on l'éprouve après une subite et violente émotion. Malgré ce trouble, qui n'avait été remarqué par personne, je continuai à travailler, me sentant honteux de m'être laissé prendre de cette manière. Le dynamo était un alternateur à dix pôles, donnant 1100 à 1500 volts au moment où je fus atteint, mon corps s'étant trouvé en série avec la bobine primaire par les bornes du générateur.

« Cette expérience inattendue m'a permis de m'expliquer un certain nombre de sensations. Je dois naturellement admettre que le courant était assez faible et les conditions assez favorables (pour moi) pour que je puisse me rappeler mes

impressions, mais je crois que j'étais près de la limite au delà de laquelle j'en aurais perdu tout souvenir. Je ne pouvais ni respirer, ni crier, ni remuer, et j'étais incapable de penser à quoi que ce fût, sinon à ce que j'éprouvais, et aucune autre pensée, pas même la crainte de mourir ou la connaissance de ma position n'entra dans mon esprit à aucun moment. Toutes idées telles que celles-là étaient totalement absentes.

« Mon esprit fut occupé pendant mes moments de loisir par cette expérience involontaire, et je me demandai : n'aurai-je pu compter les alternances si j'y avais songé, puisque les impulsions me semblaient si claires, si distinctes, et semblables à un long mouvement de roulement partant des mains et montant le long des bras, et qu'un temps si long en apparence séparait ces impulsions ?

« Tout d'abord, je pensai que je l'aurais pu, mais à la fin j'en vins à cette conclusion qu'éprouver, sentir chaque impulsion distinctement est une chose, et que se rappeler, enregistrer ou supputer en est une autre entièrement différente, ce qui met hors de considération que la concentration ou la rétention d'une pensée, telle que compter ou essayer de compter, serait une tâche difficile, sinon impossible à réaliser sous l'influence du courant.

« On se rend compte pourquoi certaines personnes comparent la sensation éprouvée à celle d'être battu, ou pourquoi je me sentis la main et le bras fortement secoués. C'est simplement le résultat du courant sur les muscles qui subissent alternativement des effets de contraction et de relaxation. Le fait étrange que des hommes croient avoir été dans le circuit un temps plus considérable qu'ils ne l'ont été réellement peut ainsi s'expliquer : évidemment, si l'on peut clairement distinguer chaque impulsion, le cerveau peut compter en une minute les 16.000 alternances de la dynamo, bien qu'il soit impossible d'enregistrer ce nombre mécaniquement. Dans ces conditions, un quart de minute signifiera qu'on compte mentalement 4.000 alternances, et personne ne pourrait penser que le temps nécessaire pour cela puisse être moindre que 5 minutes.

« Le fait certain que des hommes ont fait de telles évaluations en commettant cette erreur, montre clairement qu'ils n'étaient pas conscients, mais que leur cerveau était, dans quelqu'une de ses parties, temporairement troublé ou paralysé.

« Les conclusions de M. Goelet, tirées de l'examen du corps de l'assassin Hampton, exécuté à Sing-Sing et publiées dans l'*Electrical World* du 16 mars dernier (1895), sont très logiques. Elles ne devraient cependant pas être appliquées dans un sens général. Il y a une grande différence, en effet, entre un contact accidentel et des communications spécialement préparées pour l'exécution d'un criminel. C'est pourquoi celle de ces conclusions d'après laquelle la mort est sans douleur, parce que « l'électricité circule plus vite que les nerfs ne peuvent transmettre les impulsions douloureuses », me semble erronée, car je crois qu'un nombre d'alternances trois fois aussi grand que celui actuellement usité peut toujours être clairement distingué par le cerveau.

« La mort peut être instantanée si un courant suffisamment énergique traverse brusquement le corps; elle peut être sans douleur aussi avec un courant moins puissant, mais convenablement appliqué. Un courant suffisant peut cependant ne pas causer la mort immédiate, mais il produira la contraction ou l'expansion de certaines parties du cerveau, soit par son action directe, soit plus probablement par la pression des vaisseaux sanguins sur les parties avoisinantes, qui causent l'inconscience instantanée. La mort résulte finalement de la décomposition du sang, ou bien, ainsi que les recherches de M. Goelet l'ont également démontré, de la rupture des vaisseaux sanguins du cerveau, dont les effets sont bien connus.

« Les faits énoncés par M. d'Arsonval ont été reconnus inexacts, en ce qui regarde les exécutions dans l'Etat de New-York, mais les discussions auxquelles ils ont donné lieu, ont eu une portée considérable, car elles ont servi, en premier lieu, à établir la vérité, et ensuite à rappeler à la vie de nombreuses victimes par les prescriptions qui en ont été la conséquence et qui servent de guide dans la pratique de la respiration artificielle. »

On voit d'après la relation de Guttmann que la mort est instantanée si un courant, suffisamment énergétique, traverse brusquement le corps. Biraud cite pourtant un cas où la mort n'aurait eu lieu qu'une vingtaine de minutes après le contact.

Le plus souvent, au moment du contact électrique, il se produit une violente contraction musculaire qui peut déterminer un tétanos généralisé si le contact se prolonge.

Dans les accidents de l'industrie électrique, la mort se produit-elle par le même mécanisme que dans les expériences sur les animaux ? La réponse n'est pas douteuse ; la mort est due exclusivement à la paralysie du cœur en trémulations fibrillaires. Dans deux autopsies pratiquées rapidement après la mort chez des électrocutés, on trouva que les oreillettes battaient rythmiquement, tandis que les ventricules présentaient de faibles trémulations fibrillaires. On ne peut faire jouer un rôle au choc des centres nerveux car nous avons vu que les troubles des centres nerveux sont en rapport de la densité du courant qui les traverse. Or, dans les accidents industriels, la densité n'est jamais très élevée à cause des grandes résistances qui se présentent aux points de contact. De plus, la rapidité de la mort est en faveur de la paralysie du cœur, produite non par excitation du centre bulbaire du nerf pneumo-gastrique, car nous savons que la section des deux nerfs vagues n'influence pas l'apparition du phénomène des trémulations fibrillaires. Si les trémulations fibrillaires ne se produisent pas, la vie de la victime traversée par le courant ne court pas de danger.

Les trémulations fibrillaires sont-elles définitives chez l'homme comme chez le chien, ou seulement passagères? On ne peut répondre affirmativement, mais tout porte à croire qu'elles sont persistantes. En effet, à la rupture du courant, les oreillettes battent rythmiquement chez tous les animaux, il en est de même chez l'homme. Quant aux ventricules, chez tous les gros animaux, chien, cheval, singe, les trémulations ventriculaires persistent. On peut admettre le même fait chez l'homme.

Si, dans un accident de l'industrie électrique, le cœur de la victime est en trémulations fibrillaires, il n'y a rien à faire. La respiration artificielle ne peut être d'aucune utilité, pas plus que les tractions rythmées de la langue. Il n'y a aucun procédé pratique pour arrêter les trémulations du cœur et faire reprendre au cœur ses contractions normales. Nous avons vu, à propos des accidents dus au courant continu les moyens de laboratoire employés par Cunningham. Prévost et Battelli ont proposé plusieurs procédés : soit une application sur le cœur d'une forte décharge électrique, ou une application sur le cœur d'un courant alternatif de 250 à 300 volts, soit surtout de faire traverser l'animal par un courant alternatif de 2400 ou 4800 volts. Ce courant fait cesser la crise de trémulations ventriculaires provoquée par un courant de faible tension. Mais il ne faut pas qu'il se soit écoulé plus de quinze à vingt secondes depuis l'électrisation paralysante, pour que le passage du courant de 2400 volts rétablisse les battements du cœur. Il faut en même temps pratiquer la respiration artificielle.

Si, par contre, le cœur n'est pas mis en trémulations

fibrillaires, la victime ne court aucun danger de mort sauf l'asphyxie pouvant être due à un contact trop prolongé. La respiration artificielle et les tractions rythmées de la langue sont donc toutes indiquées dans ce cas.

Quel est le voltage minimum qui puisse produire la mort chez l'homme? On peut dire que, pratiquement, le courant alternatif commence à devenir dangereux lorsqu'il atteint une tension de 400 ou 500 volts. Ce n'est pas absolu. Biraud, dans sa thèse, cite un cas de mort (Observation XIII, p. 95) dû à un courant alternatif de 150 volts environ. La mort fut immédiate. On ne constata aucune trace de brûlures sur le corps. Nous rapportons plus loin le fait cité par l'*Elektrotechnische Zeitschrift* du 30 décembre 1897; il y eut quatre accidents mortels causés par un courant de 115 volts. Mais, dans deux cas, les victimes se trouvaient dans des conditions spéciales permettant le libre passage au courant; dans les deux autres cas, la description de l'accident est vague. Le nombre des périodes du courant industriel oscille toujours entre 30 et 150 périodes, c'est-à-dire dans le nombre le plus favorable pour provoquer les accidents les plus graves.

Plus la tension du courant augmente, plus ses effets sont dangereux, mais la mort survient toujours par paralysie du cœur, parce que la densité du courant dans l'organisme est toujours faible.

Dans les cas où un courant alternatif de force électromotrice suffisante n'a pas occasionné la mort, on peut penser que la durée du contact a été trop courte ou que la résistance du corps a été trop grande.

Si, en effet, le contact est de durée excessivement

courte, par la contraction des muscles, par exemple, qui peut immédiatement le faire cesser, il peut se produire une inhibition des centres nerveux, avec perte de connaissance; mais le cœur continue à battre et la victime survit, surtout si on a soin de pratiquer la respiration artificielle.

Mais, parfois, le contact a été prolongé quelques secondes et plus. Il y a de profondes brûlures. On ne peut expliquer que par la grande résistance de la peau la survie de la personne. La résistance entre les deux mains plongées dans un baquet d'eau salée est de 1.000 ohms environ; elle varie de 3.000 à 100.000 ohms, suivant l'état de sécheresse de la peau, en appliquant des fils nus sur les deux mains (Prévost et Battelli). Pour Kath, la résistance du corps à travers les bras et la poitrine est de 500 ohms; la peau offre une résistance de 50.000 ohms par centimètre carré de surface du contact. Si on admet qu'une main a une superficie d'environ 100 centimètres carrés, la résistance serait de 500 ohms. Un ouvrier, tenant à pleine main un conducteur qui touche du bout du doigt de l'autre main un fil dont la surface est égale à un centimètre carré, offre au courant une résistance d'environ 50.000 ohms. La résistance de la peau à l'état normal n'entre pas seule en jeu; cette résistance change pendant le passage du courant, à cause de la production des brûlures. Elle devient considérable; la peau carbonisée présente une résistance bien supérieure à celle de la peau sèche, et, à plus forte raison, à celle de la peau humide.

Donc, suivant l'état de la peau au moment de l'accident, on aura des accidents passagers, graves ou mor-

tels. Si le cœur n'a pas été paralysé dès la première seconde, la victime pourra résister assez longtemps, car les brûlures, formées au bout d'une seconde, feront monter la résistance d'une façon considérable, et la mort ne pourra plus se produire que par asphyxie.

Si la peau est bien sèche au moment de l'accident, la densité du courant dans le cœur sera faible et l'on n'obtiendra pas la paralysie du cœur. De plus, la carbonisation de la peau est plus rapide que lorsqu'elle est humide; l'intensité du courant dans le corps diminuera rapidement, et c'est une condition favorable à la persistance des battements du cœur.

Les auteurs américains avaient cru pouvoir conclure de leurs observations qu'à des brûlures graves correspondent le plus ordinairement des effets internes de peu d'importance et inversement.

Ph. Coombs Knapp disait qu'il n'y a pas de shock excessif quand les blessures électriques offrent un peu de gravité.

« Le courant électrique, dit d'autre part Dana, produit des brûlures dont l'importance est d'autant plus grande que la peau est plus sèche, c'est-à-dire mauvaise conductrice. Avec une peau sèche, il y a plus de brûlures, moins de pénétration du courant, le shock est moindre, moindre aussi le danger de mort; avec une peau humide et de bons contacts, brûlures légères, mais effets internes plus sérieux. »

Le Dr Biggs a remarqué que la plupart des accidents mortels se sont produits les jours pluvieux.

Les courants alternatifs sont des courants dangereux

et d'autant plus à redouter que leur isolement est très difficile à réaliser dans la réalité. G. Claude, dans un article sur les dangers des distributions à haute tension, montre qu'il est à peu près impossible de compter sur une installation de courant alternatif isolée d'une manière parfaite. En effet, si bien isolés que soient les câbles au repos, l'isolement s'affaisse fortement ou seulement de quelques milliers d'ohms dès la mise en marche par suite des effets de la capacité de chaque câble par rapport à la terre. Hellmund a montré aussi qu'il est dangereux de toucher le conducteur interne d'un câble à conducteur concentrique transportant un courant alternatif, le câble étant placé dans le sol. En effet, le conducteur externe forme avec l'enveloppe de plomb qui protège le câble, un condensateur; et, une personne, en contact avec le sol, qui touche le conducteur intérieur, ferme sur elle-même le circuit de ce condensateur. Hellmund parle d'un cas plus intéressant qui peut éclaircir quelques causes de dangers des circuits électriques. Si un conducteur, par exemple transportant un courant alternatif, est placé dans le sol en communication avec la terre, et si le deuxième conducteur de ce courant alternatif est parallèle à un troisième n'ayant aucune communication avec le circuit du courant alternatif en question, mais réuni dans le même câble avec le deuxième conducteur du circuit, une personne en contact avec le sol ferme sur elle-même un circuit en touchant ce troisième conducteur qui est, semble-t-il, complètement inactif.

Pour supprimer ces causes de danger, il suffirait de neutraliser les capacités; G. Claude y arrive en reliant

les deux câbles en bobine de self-induction convenable dont le milieu est à la terre.

A l'autopsie et aux examens microscopiques, trouve-t-on des lésions constantes et caractéristiques de la mort par l'électricité? Kratter a fait trois autopsies chez l'homme que nous résumons brièvement :

1° Il s'agissait d'un ouvrier électricien, âgé de 26 ans, qui, occupé à monter un transformateur, touche de l'index gauche un câble pour constater le passage du courant, à ce moment, l'intensité était de huit ampères, la tension de 1500 volts. On le trouve quelques minutes après l'accident, râlant, étendu par terre, la figure dans la poussière. Quelques minutes après, il succombe.

A l'autopsie, on constate de la rigidité cadavérique très prononcée, des brûlures de l'index gauche et du dos. Il y avait des hémorragies symétriques à la partie antérieure de la portion inférieure de la colonne cervicale et de la colonne dorsale, correspondant à des foyers analogues, symétriques et de la grandeur d'une lentille, situés dans le canal rachidien, de chaque côté du ligament vertébral postérieur. Il existait encore de petits foyers hémorragiques de la portion cervicale du pneumogastrique, autour des carotides, des suffusions diaphragmatiques, enfin de l'œdème aigu du poumon, anémie du muscle cardiaque, hypervénosité et état diffusé du sang.

L'œdème aigu des poumons devait être, à n'en pas douter, la cause immédiate de la mort, les symptômes anatomiques de l'asphyxie existaient en grand nombre. On avait donc affaire à un processus asphyxique prolongé, allant jusqu'à la production d'un œdème pulmonaire aigu.

2° Dans le deuxième cas, la victime était un ouvrier électricien de 22 ans. On retrouve à quelques détails près les mêmes lésions que dans la précédente autopsie.

L'œdème pulmonaire constitue également la cause la plus prochaine et la plus tangible de la mort. Les symptômes asphy-

xiques y étaient des plus nets; on trouva une surréplétion sanguine des poumons, du cœur et des gros vaisseaux, des ecchymoses de la peau, de la plèvre, du péricarde, de la muqueuse de l'estomac.

Il y eut aussi des hémorragies constatées le long des gâines des gros vaisseaux et des nerfs de l'avant-bras gauche et dans le biceps.

Les petites taches rougeâtres au niveau de la plante des pieds de la victime représentaient probablement autant de points de sortie du courant électrique.

3° Ouvrier de 18 ans, tué par un courant de 2000 volts. Les résultats anatomiques mirent de nouveau en évidence avec beaucoup de force le rôle de l'asphyxie. La mort ayant été trop rapide, le processus n'est pas allé jusqu'à produire un œdème pulmonaire.

Le cerveau présentait des lésions remarquables. Les méninges et la substance cérébrale étaient gorgées de sang. Le quatrième ventricule montrait dans son épendyme des stries hémorragiques.

Sur les cadavres d'animaux, Kratter observa des résultats anatomiques à peu près identiques à ceux constatés chez l'homme. Chez un chien, qui avait reçu trois applications de courant, il trouva, outre les lésions asphyxiques, un hématome de la dure-mère, des hémorragies inter-méningées, et une destruction superficielle de l'hémisphère gauche.

En résumé, pour Kratter, les phénomènes généraux dus à l'asphyxie existent sans exception dans tous les cas. Le processus peut aller jusqu'à la production d'un œdème pulmonaire vrai. En général le système nerveux ne semble point intéressé; ce n'est que dans quelques cas isolés, qu'on a trouvé des hémorragies

punctiformes ou linéaires dans les parois du quatrième ventricule ou dans les méninges. Les points de pénétration du courant, sans aucune exception, sont marqués par des brûlures qui ont une grande valeur diagnostique, et sont, par conséquent, très importantes au point de vue médico-légal.

Pour Prévost et Battelli, les animaux tués par les courants électriques ne présentent aucune lésion constante et caractéristique. Les organes sont souvent congestionnés, le sang offre une coloration noirâtre, comme dans tous les cas d'asphyxie rapide. La rigidité cadavérique apparaît très rapidement dans les muscles soumis à un courant à grande densité, prolongé pendant plusieurs secondes.

Prévost et Battelli ne reconnaissent pas toujours l'asphyxie comme la cause la plus prochaine de la mort. Ce n'est que dans le cas où la mort n'est pas instantanée que l'asphyxie peut se produire. C'est bien le fait des deux premiers cas cités par Kratter. Dans sa troisième autopsie, il ne constate pas d'œdème aigu des poumons.

Au point de vue microscopique, le sang ne présente aucune modification patente. L'opinion de Doulin, que les courants électriques détermineraient primitivement une modification de la crase sanguine dont l'action sur les cellules de la région bulbaire amènerait la mort, ne résiste pas à un examen sérieux.

Du côté du système nerveux, les avis sont partagés. Nous avons vu à propos des courants continus, la discussion qui eut lieu. Pour Kratter, des recherches entreprises avec une grande rigueur dans les méthodes

furent absolument négatives. Tout ce qu'il put trouver se résume en de petites extravasations sanguines dans les espaces périvasculaires des vaisseaux de la moëlle et du bulbe.

### OBSERVATION III

(Empruntée à H. A. Clowes, *The Lancet* 3 déc. 1892 p. 1297, analysée dans les *Archives d'Electr. Médic.* 1893 p. 84)

Dans l'après midi du 9 novembre 1892, un employé de la House-to-house electric Supply Company, âgé de 23 ans, avait été désigné pour faire le branchement avec une maison de Roland Gardens, rue Old Brompton. Tout-à-coup, on le vit tomber d'un côté comme s'il avait reçu un coup; un de ses aides courut vers lui et coupa immédiatement le fil; le bras droit était contracté et la main gauche était crispée sur le fil conducteur. Le blessé, alors dégagé, fit un léger mouvement, puis retomba sans donner signe de vie. On le transporta à Queen's Jubilee Hospital, où Clowes le vit cinq minutes après l'accident. Le cœur et la respiration étaient arrêtés; la face, le cou et les membres supérieurs étaient congestionnés, les yeux agrandis, les pupilles fortement dilatées. Les traits n'étaient pas altérés, et la figure avait une expression paisible, on sentait une forte odeur de brûlé; la paume de la main gauche ainsi que les deux premiers doigts étaient brûlés et carbonisés, les doigts étaient très violemment fléchis; il n'y avait pas trace de brûlures sur les vêtements. On fit aussitôt la respiration artificielle, pendant plus d'une demi-heure, mais le malade ne donna aucun signe de vie; il était évident que le cas était désespéré, on lui avait fait aussi une injection de strychnine dans le but de stimuler le centre nerveux de la respiration, enfin, on avait appliqué sur la région précordiale un courant faradique. L'enquête, qui fut faite le 14 novembre, apprit que le courant reçu par l'employé était un courant alternatif rapide (10.000 alternances par minute) et d'une

force électro-motrice de 2000 volts. On ne s'explique pas comment il avait fermé le circuit, car il ne tenait qu'un fil de la main gauche et n'avait pas de brûlures sur le corps; le fil qu'il tenait était dénudé, le caoutchouc isolant ayant disparu.

On l'examina trois jours après la mort, le corps était celui d'un homme jeune, bien développé; la congestion signalée plus haut existait encore. Toute la face palmaire de l'index et du médius de la main gauche était brûlée, et les tissus de la moitié du métacarpe correspondant à ces deux doigts étaient détruits, montrant les tendons des muscles fléchisseurs. L'épiderme de la paume de la main et de la face palmaire du pouce était carbonisé; l'épiderme du dos de la main entre le pouce et l'index manquait sur une étendue d'un florin.

Sur la partie externe du genou droit, on voyait une légère destruction de tissu, et sur la bosse frontale droite se trouvait une petite ecchymose. Les méninges étaient congestionnées; dans les ventricules, il y avait une assez grande quantité de liquide cérébro-spinal. Cerveau et cervelet paraissaient sains. Les cavités du cœur quoique non contractées étaient vides, pas de lésions valvulaires.

Un fait remarquable, c'est que le sang était fluide, de couleur foncée; il ne fut pas possible de trouver un seul caillot dans le système artérioso-veineux. L'examen microscopique du sang a été fait par M. Thudicum, qui a remis la note suivante : « Sang complètement fluide, le sang de la moëlle allongée est coagulé, il n'y a pas d'autre modification. »

*Traduit de l'anglais par M. H. Bordier.*

#### OBSERVATION IV

(Empruntée à Donnellan, *Méd. News* 4 août 1894)

*A case of electric shock of one thousand volts, insensibility of patient to pain; recovery*

Il s'agit d'un électricien, âgé de 44 ans, qui le 20 avril 1894, étant occupé à réparer la ligne de Bell Telephone Company,

saisit par mégarde les fils qui transportaient un millier de volts et fut brusquement renversé sans connaissance. On le transporta à Saint Mary's Hospital, une demi-heure après l'accident, à 11 heures du matin. Il était dans un profond coma; ses pupilles étaient dilatées et ne réagissaient plus à la lumière; de plus sa respiration était très agitée, la face pâle, couverte de sueurs. Il eut une nausée 10 minutes après et commença bientôt à entrer dans un délire tellement violent qu'il fallut trois hommes pour le maintenir; il se plaignait et criait d'une façon incohérente; tout son corps était le siège de convulsions toniques et cloniques intenses, si bien qu'il fut impossible de prendre sa température qui cependant paraissait normale au toucher. Sa respiration prit quelques minutes après le type de Cheynes-Stokes, avec 10 mouvements respiratoires par minute, il y avait en ce moment 80 pulsations. A 1 h. 40, on lui fit une injection de 25 centigrammes de morphine; comme son état n'était pas amélioré on lui en fit une seconde à midi 10; il devint alors peu à peu tranquille à 1 h. 30, sa respiration étant très courte et à peine perceptible, on lui injecta 3 centigrammes de strychnine qui produisirent un excellent effet, car à 2 heures, il entra dans un sommeil normal d'où il ne sortit qu'à 6 heures, avec toute sa connaissance, mais fortement ébloui et ressentant une grande fatigue dans les membres.

Il passa une bonne nuit, sa température, le lendemain matin, était de 37° 1, il avait 72 pulsations et 18 mouvements respiratoires par minute. Il ne se plaignait que des douleurs causées par les brûlures faites par le courant électrique et disséminées irrégulièrement un peu partout. Le malade ne se souvenait bien de ce qu'il avait fait le matin que jusqu'au moment où il fut foudroyé, il ne ressentit alors aucune douleur jusqu'à son réveil du soir à 6 heures; il était seulement très étonné de se trouver au lit dans un hôpital. Les suites des brûlures furent ordinaires et le malade guérit.

*(Traduit de l'anglais par M. H. Bordier.)*

OBSERVATION V

Le 21 mai 1894, M. d'Arsonval donna lecture à l'Académie des Sciences du fait suivant relaté par MM. Picou et Maurice Leblanc :

Lorsque l'accident de Saint-Denis s'est produit, l'électromètre d'Epinay, monté entre deux de nos trois fils, marquait 4500 volts et l'ampèremètre intercalé dans l'un d'eux marquait 750 mA.

A l'endroit où l'accident s'est produit, les trois fils sont portés par un potelet scellé dans un mur, à 6 mètres environ au-dessus du sol. L'homme qui a été frappé était à cheval sur la barre de scellement inférieur, tenant d'une main l'un des conducteurs. Il avait monté avec lui un fil téléphonique qu'il était en train de poser. Ce fil s'appuyait sur la barre de scellement et a touché un autre des trois conducteurs. Le courant s'est fermé à travers l'homme, entrant par une main et sortant par une fesse, en court circuit.

Il a donc supporté directement toute la tension (4.500 volts-fréquence 55 environ). Combien de temps ? Il est difficile de le dire avec précision, mais certainement plusieurs minutes. Le court circuit qu'il a établi a déterminé la production d'étincelles au collecteur de l'appareil d'Epinay. L'agent qui le surveillait s'est douté d'un accident sur la ligne et a téléphoné à La Chapelle d'arrêter. Tout cela un temps assez long.

A ce moment nous partions d'Epinay et nous étions dans le train quand nous avons été avisés qu'un accident venait de se produire.

Un quart d'heure environ après, nous sommes arrivés à Saint-Denis, cet homme était toujours à cheval sur la barre de scellement et ne donnait plus signe de vie. On a eu beaucoup de mal à le descendre et cette opération a pris au moins une demi-heure.

Suivant vos avis, nous avons pratiqué la respiration artificielle (en faisant manœuvrer les bras), d'abord sans résultat. Je

lui ai ouvert la bouche de force et ai dégagé la langue ; ses poumons ont fonctionné presque aussitôt. Il a pu parler après deux heures. Il était brûlé à la main droite et à la fesse ; aujourd'hui il va bien.

#### OBSERVATION VI

*Catastrophe produite par les courants électriques de haute tension*  
*Electrical Review*, février 1895 (Résumé)

Robert Coleman, ouvrier électricien, travaillait le 25 février 1895, à nettoyer avec un chiffon d'étoffe des communicateurs dans une sous-station de Bristol Corporation Electric Light Works ; il avait la main droite protégée par un gant en caoutchouc, lorsque son attention fut détournée par l'arrivée d'une personne à laquelle il adressa la parole ; ce faisant, il toucha accidentellement de sa main gauche un coupe-circuit et reçut la presque totalité de la décharge, soit 2000 volts. On essaya, mais en vain, de pratiquer la respiration artificielle ; aucun effort ne parvint à le ranimer. Dans l'enquête qui suivit, M. Proctor, ingénieur, et quelques témoins expliquèrent au coroner l'accident et ses causes. Le courant partait de la station centrale près du pont Saint-Philippe, sous une tension de 2000 volts et passait, à la sous-station, dans des coupe-circuits mobiles montés sur des crochets de porcelaine. Coleman avait l'habitude de les démonter pour les nettoyer ; maintes fois, il avait accompli son ouvrage sans accident, bien qu'il l'effectuât toujours pendant que le courant passait. M. Proctor fait remarquer que cela était indispensable et qu'il n'était pas possible d'interrompre la marche des machines pendant ce nettoyage, étant donné qu'une trop longue interruption dans les services des quinze sous-stations de Bristol et de Clifton aurait présenté de sérieux inconvénients. Coleman le savait, et la preuve, dit-on au coroner, c'est qu'il avait pris la précaution d'isoler sa main droite avec le gant réglementaire. Quant aux autres règles à suivre, on les lui avait plusieurs fois répétées, et s'il les avait suivies, aucun accident ne pouvait se produire.

## OBSERVATION VII

[Empruntée au *Bulletin de la Société internationale des Electriciens*  
n° 127 avril 1896)

A Francfort, un ouvrier, en bon contact avec le sol, ayant touché un fil nu à 2900 volts, tomba sur le sol; mais la respiration artificielle ayant été pratiquée, il revint à la vie.

Un autre ouvrier, travaillant à Cheltenham, au tableau de basse tension d'un transformateur, a été moins heureux et a été trouvé mort. Il résulte d'un rapport du major Cardew qu'une distance de dix centimètres seulement séparait le point précis où l'homme avait un trou à percer d'une pièce métallique appartenant au tableau de haute tension et reliée au réseau. Il avait des gants à sa disposition, mais aurait été gêné par eux dans son travail; quant au tapis de caoutchouc, il était de petites dimensions et avait été mis de côté.

## OBSERVATION VIII

*Quatre cas de mort récents par les courants électriques*  
(Empruntés à l'*Electrotechnische Zeitschrift*, du 30 décembre 1897 (Résumé.)

Le premier cas est celui d'un homme dont le travail consistait à lever et à baisser une lampe à arc au moyen d'un câble en fils, d'un cabestan, d'une manivelle en fer. On lui avait donné des instructions pour ne jamais toucher à la lampe sans être monté sur un tabouret isolant en bois. Au lieu de cela, il stationna pieds nus sur le sol. Ayant accidentellement monté la lampe trop haut, un support fut tordu et vint toucher une poulie d'en haut, par conséquent, un courant de 115 volts passa du câble au cabestan, à la manivelle et causa la mort de l'homme. Dans le deuxième cas, un ouvrier contrairement aux instructions reçues, saisit un conducteur de courants alternatifs qui était à l'extérieur d'une croisée. Dans le troisième cas, deux fils isolés avaient été placés dans un tube de fer et, soit que l'un des joints ait détruit l'isolant, soit

que l'un des conducteurs enlevés ait été mis en contact avec le tuyau déterré, il en résulta une communication électrique avec le tuyau qui produisit la secousse fatale. Dans le quatrième cas un conducteur flexible semble avoir été la cause de l'accident.

## OBSERVATION IX

### *Accidents mortels*

(Empruntés à l'*Industrie électrique* 1898)

Deux accidents viennent coup sur coup de se produire sur une même distribution à courants alternatifs à 2400 volts à Puteaux et à Garches. On sait qu'il existe dans la première de ces localités une usine qui effectue la distribution des diverses régions avoisinantes. Le premier accident s'est produit de la façon suivante le 28 juillet, un incendie s'était déclaré dans une usine en caoutchouc, une poutre en bois prit feu, et, dans sa chute, entraîna les fils électriques qui étaient fixés dessus et qui amenaient le courant. Les fils, en tombant, touchent un ouvrier qui reste foudroyé ; deux autres ouvriers, en voulant porter secours à leur camarade, tombent foudroyés également.

Le 8 août, à Garches, à la suite d'un orage, des arbres et des poteaux supportant des fils électriques à 2400 volts avaient été abattus. Un jardinier de Montretout, en voulant déplacer un poteau qui obstruait son jardin, tomba foudroyé.

## OBSERVATION X ( inédite )

Due à l'obligeance de M. Paul Baupré, chef du laboratoire des usines de Notre-Dame de Briançon (Savoie)

L'accident est arrivé le 23 janvier 1903.

Nature du courant. L'usine de Notre-Dame de Briançon

reçoit de la station génératrice, située à 9 kilomètres de Notre-Dame de Briançon, un courant alternatif triphasé sous la tension de 15000 volts et ayant une fréquence de quarante-deux périodes par seconde. Il n'a plus à l'arrivée que 14.400 volts et est envoyé par des distributeurs, enfermés dans des cages métalliques aux transformateurs.

Cause de l'accident. Pour nettoyer les appareils de distribution, il suffit d'enlever avec une pince en bois les commutateurs de phases qui laissent passer le courant de charges aux transformateurs. C'est pour avoir négligé cette opération préalable que l'ouvrier Mialon a trouvé la mort.

Circonstances de l'accident. Ce malheureux (homme d'une quarantaine d'années et très vigoureux), se trouvait debout sur un socle en bois, mais touchait, comme nous l'avons supposé, la cage métallique par une partie du corps. Le seul témoin, qu'ait eu cet accident, n'a observé ni flammes ni entendu de crépitement; son attention n'a été attirée que par un sourd gémissement. Il a vu Mialon, secoué par un tremblement convulsif, les coudes serrés contre le corps, faire six à sept pas et tomber, comme une masse, la face sur un rail.

Soins qu'a reçus la victime. Nous avons tout aussitôt établi la respiration artificielle en combinant le mouvement des bras avec des pressions sur la cage thoracique. La tête a été inclinée en arrière, la poitrine soulevée, les vêtements ouverts, le corps recouvert de couvertures.

Ces manœuvres ont été continuées pendant une heure et demie sans provoquer un signe de vie : la rigidité et le refroidissement progressifs nous ont montré que la mort avait fait son œuvre.

Brûlures observées. Elles étaient peu nombreuses.

1<sup>o</sup>) Une brûlure assez forte et de couleur grisâtre au pouce gauche qui était légèrement ouvert ;

2<sup>o</sup>) Un noircissement de tout le côté gauche du corps.

Il n'y avait pas de désordres apparents, la physionomie était peu bouleversée. Les yeux *bagards* n'ont pu être fermés.

Dans sa chute, Mialon s'est fait une blessure au-dessus de

l'arcade sourcilière insuffisante d'ailleurs (d'après le docteur qui a constaté le décès) pour provoquer la mort (1).

On voit, par le récit de ces quelques accidents combien peuvent être dangereux ces courants industriels. Cabot, puis Gaiffe, ont bien montré quels étaient les dangers que présentait l'emploi en électrothérapie des courants fournis par les stations centrales d'énergie électrique. Les installations aériennes sont toutes plus ou moins défectueuses, qu'un fil transportant un courant alternatif de 1100 volts vienne se mettre en contact avec le fil qui amène à un médecin le courant destiné à électrolyser un poil par exemple, ou enlever un nævus, on peut se rendre compte des graves dangers que l'on pourrait faire courir à son malade.

On donne bien les coupe-circuits fusibles comme moyen de protection. Ce n'est pas un moyen sûr et efficace; les coupe-circuits fusibles supportent facilement 50 % de courant en plus de l'intensité pour laquelle ils sont étalonnés. En court circuit, ils laissent passer des courants excessivement élevés; de plus, il y a de nombreux risques d'incendie. Il faudrait les remplacer souvent, à cause de l'oxydation qui se produit et fait varier d'une façon considérable leurs constantes. Il

---

(1) Pendant que nous corrigeons les épreuves de cette thèse, nous avons reçu des renseignements au sujet d'une mort par l'électricité arrivée à Mascara (fin janvier 1903). Ces renseignements sont dus à l'obligeance de M. Viel, ingénieur à Oran. — « Le courant était à « haute tension alternatif triphasé à 10.000 volts, 8 ampères, « 50 périodes; il n'y a pas eu de brûlure à la main (premier contact), « mais la tête portait une blessure au-dessus de l'arcade sourcilière « droite et cette blessure indiquait également une brûlure légère. »

vaudrait mieux avoir un coupe-circuit automatique mais non fusible.

Les rhéostats sont de même des pièges qui nous font croire à une protection contre ces accidents; car on a, par la loi d'Ohm,  $I = \frac{E}{R}$ . Si un fil d'un voltage supérieur vient à tomber sur celui qui amène le courant, l'intensité est augmentée jusqu'à devenir dangereuse ou même fatale, par la raison que R restant constant et E devenant plus grand, I croît proportionnellement.

« Tandis que l'électricité convenablement appliquée par des praticiens compétents amène des résultats certains dans bien des cas, son emploi, tel qu'il est habituellement pratiqué, est plus souvent nuisible que curatif; quant à l'emploi du courant provenant des fils servant à l'éclairage public, il devrait être absolument prohibé » (*Western Electrician*, n° 10, vol. XIX).

Une des applications du courant alternatif faites pour provoquer volontairement la mort chez l'homme se fait en Amérique. Il s'agit de l'électrocution des condamnés à mort. D'après Biraud, ce fut un Français, Edouard Charton, qui proposa, le premier, d'exécuter les condamnés à mort par l'électricité. Après que le projet de loi tendant à remplacer, dans l'Etat de New-York, la pendaison par l'électrocution, fut élaboré et présenté aux Chambres de cet Etat, on fit faire officiellement une série d'expériences sur les animaux. Malgré le peu de certitude de ces expériences et malgré les nombreux exemples de reviviscence observés chez l'homme après des contacts accidentels, prolongés et

dangereux on fit les préparatifs de la première exécution par l'électricité qui eut lieu le 6 août 1890 dans la prison d'Auburn. Le condamné, Kemmler, était fixé sur un fauteuil en bois à l'aide de courroies. Les électrodes, constituées par des éponges mouillées, furent placées, l'une sur le sommet de la tête, l'autre au niveau du sacrum. Le courant employé était à 1700 volts environ.

On fit deux applications du courant à deux minutes d'intervalle, la première de 17 secondes, la seconde, de 2 minutes 15 secondes (90 secondes selon Mac Donald). Pour les exécutions suivantes, le dispositif fut légèrement modifié ; la seconde électrode était placée sur un mollet. Quant au voltage, on a changé la manière de procéder dans ces dernières années. Dans le pénitencier de l'Etat d'Ohio, où l'on emploie l'électrocution depuis 1895, la fréquence du courant est de 130 périodes. Depuis l'année 1899, on commence par soumettre le criminel au passage d'un courant à tension élevée (1700 à 1800 volts), pendant 7 secondes environ, puis on abaisse le voltage jusqu'à 300 volts et ce dernier courant est appliqué pendant 30 secondes au plus. On élève de nouveau le courant à 1700 à 1800 volts pendant quelques secondes. Si l'on s'aperçoit que le patient fait encore quelques mouvements respiratoires, on applique le courant à tension très forte. L'intensité du courant de 1800 volts est de 8 à 10 ampères environ ; celle du courant de 300 volts de 2 à 3 ampères.

Dès que le contact est établi, le corps est brusquement saisi, et comme figé, dans un état de rigidité extraordinaire. Quand le courant électrique est rompu,

à cette rigidité succède instantanément une résolution complète du système musculaire.

Que devient la respiration après la rupture du courant? Mac Donald décrit uniquement l'exécution de Kemmler. L'abolition des mouvements et apparemment de la vie persista, paraît-il, une demi-minute environ, après quoi survint une série de légers mouvements spasmodiques de la poitrine, accompagnés de l'expulsion d'une petite quantité de mucus par la bouche. Dans tous les cas d'électrocution, une seule application du courant n'a jamais suffi pour arrêter la respiration définitive. Il faut faire deux, trois et même quatre électrisations.

Quant aux mouvements du cœur, il faut distinguer entre les électrocutions faites avant ou après 1899. Dans les premières, on constatait souvent le pouls radial après la première application du courant. Chez Jugigo, exécuté le 7 juillet 1891, à Sing-Sing, le pouls radial était encore perceptible après le troisième et dernier contact. L'observation la plus caractéristique est celle qui se rapporte au condamné Taylor (21 juillet 1893). Nous en donnons une brève description d'après Mally et Beach :

« Les électrodes ayant été appliquées au front et au mollet, un courant de 1260 volts fut fermé sur le condamné. Le contact dura cinquante-deux secondes. Pendant ce temps, le corps du supplicié fut animé de mouvements d'une violence extrême; les jambes furent projetées en avant avec une telle force que les liens qui les fixaient au fauteuil d'exécution furent brisés. Le circuit rompu, il y eut pendant deux secondes mort apparente,

c'est-à-dire un état de résolution complète ; puis le condamné poussa un soupir. On donna le signal de fermer le circuit à nouveau, mais un accident était arrivé aux machines. Il n'y avait plus de courant ! Pendant qu'on se préoccupait de remédier à ce contre-temps, les médecins purent observer à leur aise l'état du condamné. Immédiatement, M. Mooney ne put percevoir le pouls, mais, trente secondes après, M. Brown déclarait percevoir un pouls filiforme au bras opposé. Il y avait, en ce moment, six respirations par minute et le pouls devenait de plus en plus fort.

« On étendit le supplicié sur un brancard, et la reviviscence s'accroissant de plus en plus, on le transporta dans une pièce voisine. La respiration devint alors stertoreuse avec douze ou treize inspirations par minute ; le pouls battait cent pulsations. Une demi-heure après le choc électrique, on comptait cent-vingt pulsations et dix-huit mouvements respiratoires à la minute. Taylor remua le pied gauche, puis s'agita et se roula d'un côté et d'autre. M. Conway pratiqua alors une injection de morphine. Cette intervention ne parvenant pas à calmer la victime, M. Brown appliqua sur le visage un cornet imbibé de chloroforme et d'éther ; à ce moment, Taylor ouvrait les yeux et protesta en criant. L'anesthésie complète fut néanmoins rapidement obtenue et on remplaça le malheureux sur le fauteuil fatal.

« Il s'était écoulé une heure huit minutes depuis le premier contact. Les machines ne pouvant être remises en état, on avait relié les électrodes au réseau d'éclairage de la ville. C'était encore du courant alternatif à une tension de 1220 volts. Le condamné, étant toujours sous

l'influence du chloroforme, subit une deuxième application de quarante secondes, au bout desquelles on le considéra, enfin, comme mort. On fit l'autopsie une heure et demie après. On ne trouva, comme dans les cas précédents, aucune lésion qui pût être attribuée à l'électricité. Sur la peau, au contraire, on trouva des eschares aux tempes, et surtout au mollet où les téguments étaient détruits sur presque toute la circonférence de la jambe. La jambe elle-même présentait une température plus élevée que le reste du cadavre et que celle des personnes qui en faisaient l'autopsie. »

Dans les électrocutions faites avec le nouveau système, on n'a plus remarqué le pouls radial, mais on a constaté à la base du cou des pulsations qui doivent être attribuées au battement des oreillettes. Chez tous les animaux, les oreillettes reprennent leurs contractions dès l'interruption du courant, si la densité du courant n'a pas été trop élevée. Nous avons déjà dit que, dans deux autopsies pratiquées rapidement après la mort, les oreillettes battaient rythmiquement et les ventricules présentaient de faibles trémulations fibrillaires. En faisant passer dans le corps d'un condamné un courant de 1800 volts puis de 300 volts, on obtient l'inhibition des centres nerveux suivie de paralysie du cœur.

M. d'Arsonval a toujours lutté contre l'électrocution. Il n'admet pas que le courant employé puisse tuer sûrement les condamnés à mort.

Edwin Houston fit des expériences qui sont la réfutation des assertions de d'Arsonval ; il montre que la mort est instantanée et sans souffrances.

Donnellan, à la suite de l'observation rapportée plus

haut (observation IV) essaie de montrer que, dans les électrocutions où le condamné est manqué une première fois, ce qui exige un second coup électrique pour l'achever, le malheureux ne souffre nullement et il conclut en disant : « Tant que la peine capitale existera, le courant électrique, bien appliqué et d'un voltage suffisant, est encore le moyen le plus humain pour mettre à mort les criminels. »

#### OBSERVATION XI

(Empruntée à Ch. Jarvis. — *Presse Médicale*, 18 janvier 1902)

##### *Exécution et autopsie de Czolgosz, assassin du président Mac-Kinley*

L'exécution eut lieu le 29 octobre 1901, à 7 heures du matin, en présence de plusieurs médecins. Le condamné, calme et dédaigneux, fut rapidement attaché au fauteuil, et les électrodes furent mises en place (tête et genou droit). Durant ces préparatifs, Czolgosz eut le temps de dire à haute voix : « J'ai tué le Président parce qu'il était l'ennemi des braves gens qui travaillent. Je ne regrette pas mon crime, mais je regrette de n'avoir pu voir mon père ». A ce moment le signal fut donné, le circuit fermé, et aussitôt le corps du condamné se raidit dans un spasme tonique auquel paraissait prendre part chaque fibre musculaire de l'organisme. Dès ce moment il y eut abolition complète — du moins en apparence — de la mobilité, de la sensibilité et de la conscience.

On appliqua deux fois le courant. La première fois, on régla son intensité de la façon suivante : pendant sept secondes, 1800 volts ; pendant vingt-trois secondes, 300 volts ; pendant quatre secondes, 1800 volts ; enfin pendant vingt-six secondes, de nouveau 300 volts. Durée du premier contact : une minute.

Quant au deuxième contact, appliqué à la demande de M. Mac Donald, par mesure de précaution, il fut de 1800 volts et d'une durée de cinq secondes.

La durée totale de l'application du courant fut donc de une minute et cinq secondes, mais, dès l'instant où le circuit fut fermé, il fut évident pour tous les témoins que la mort était un fait accompli.

Les médecins examinèrent le corps du supplicié exactement quatre minutes après l'entrée du condamné dans la salle d'exécution : ils conclurent unanimement à la mort.

L'autopsie fut pratiquée par M. Spitzka. Les principaux détails de l'autopsie peuvent se résumer ainsi : Sous le genou droit, au niveau du point d'application d'une des électrodes, existe une petite zone qui a subi la desquamation de l'épiderme. A la tête, tout se borne à quelques traces de vésication, surtout marquées au niveau de l'occiput ; la pression des courroies n'a déterminé aucun phénomène. Quand la nécropsie fut commencée, le corps était encore chaud ; la rigidité cadavérique survint trois heures après, le sang restant fluide. Au niveau du crâne, on note que les sutures sont nettes : pas de synostose, pas d'os surnuméraire ni anormal. Dure-mère un peu congestionnée, non adhérente à la calotte crânienne ; à l'ouverture de cette méninge, il s'écoule une quantité normale de liquide céphalo-rachidien.

Pie-mère légèrement congestionnée au niveau des vaisseaux fins ; pas de granulations, pas d'adhérences au cerveau. A la palpation, ce dernier ne présente pas de zone ramollie ; poids de l'encéphale, 1460 grammes.

L'examen détaillé de la convexité montre que la disposition des scissures et circonvolutions est presque absolument normale ; les coupes ne recèlent aucune lésion hémorragique, ni scléreuse ni néoplasique.

La moëlle n'a pas été examinée.

Quant aux viscères, on note que le cœur est en systole énergique, que les poumons présentent un léger degré d'emphysème, que la plèvre droite présente quelques bandes d'adhérence à sa partie inférieure.

Le foie est un peu congestionné, l'estomac vide.

### CHAPITRE III

---

## COURANTS FARADIQUES

---

Les courants faradiques sont des courants alternatifs mais d'une forme particulière ; l'onde positive n'est pas semblable à l'onde négative, et, de plus, ces deux ondes sont séparées par un certain intervalle au lieu de se succéder régulièrement comme dans le courant sinusoïdal. La force électro motrice du courant de rupture est beaucoup plus grande que la force électro motrice du courant d'ouverture ; mais les quantités d'électricité qui prennent naissance dans le circuit induit sont égales, et de signes contraires. On obtient donc une forme particulière du courant.

Nous ne pouvons nous étendre longuement sur ce chapitre des courants d'induction. Le courant des grosses bobines de Ruhmkorff, très redouté par les expérimentateurs à cause de la violente douleur qu'il provoque, n'a jamais causé la mort d'un homme.

Le courant des bobines de Ruhmkorff produit essen-

tiellement la mort par asphyxie en amenant la contraction tétanique des muscles respiratoires. La propriété caractéristique des courants faradiques est en effet de produire, brusquement et par saccades, les différentes excitations motrices et sensitives, et 40 à 60 interruptions par seconde sont plus que suffisantes pour produire la tétanisation des muscles. On pourra donc finir par tuer un animal, un chien par exemple, mais à condition de faire durer l'expérience un certain temps. La mort surviendra alors par asphyxie après une minute environ chez le chien.

Nous avons vu, à propos des courants alternatifs, que l'intensité du courant est un facteur de première importance dans les effets mortels du courant. Le courant des bobines d'induction est inoffensif, ne détermine pas de troubles graves, parce que si la force électromotrice est très élevée, l'intensité, par contre, est très faible. Pourtant, en se plaçant dans de certaines conditions, on peut arriver à provoquer la mort chez les animaux avec des courants de petites bobines d'induction.

M. André Broca, en 1901, a fait paraître dans la *Revue Scientifique* la relation de l'accident qui lui était survenu. Nous reproduisons cette intéressante observation intitulée: « Souvenir d'un électrocuté. »

« Ayant été victime d'un accident électrique grave dont j'ai pu réchapper, grâce à la présence d'esprit de mon préparateur, M. Turchini, qui a coupé à temps le circuit, j'ai pu, en m'observant pendant et après, recueillir quelques renseignements sur l'action des courants puissants, que je crois intéressant de noter.

« J'ai été parcouru entre les deux mains, pendant un temps

que M. Turchini évalue à deux ou trois secondes, par le courant du secondaire d'une bobine de Ruhmkorff, excitée par le courant alternatif de la ville (42 périodes par seconde, 110 volts). Au moment de l'accident, le primaire débitait 50 ampères. Dans ces conditions, l'allumage de l'arc entre les deux pôles du secondaire se produit entre fils distant de 6 centimètres. La différence de potentiel est donc d'environ 50.000 volts à circuit ouvert. Si le circuit avait été complètement fermé, sa résistance totale étant d'environ 100.000 ohms, en admettant le coefficient de rendement de 0,75, on aurait eu pour l'intensité environ 200 milliampères. Mais il y avait dans le circuit un éclateur, l'accident étant arrivé par une faute commise dans des essais relatifs à l'action des courants de haute fréquence. Je ne peux donc préciser exactement les conditions.

« Les phénomènes ont été de deux sortes. Les uns subjectifs se sont passés pendant l'action du courant, et je les ai certainement bien mal observés; les autres ont été consécutifs, et sont beaucoup plus certains.

« Je serrais dans les mains deux larges électrodes, je n'ai donc pas eu de brûlure.

« J'ai été jeté par terre par un tétanos musculaire généralisé en ayant eu le temps de faire un violent effort, immédiatement reconnu inutile, pour lâcher les électrodes. J'ai alors pensé aux expériences de Prévost et Battelli, et je me suis dit très nettement : « C'est de l'alternatif, mon cœur va s'arrêter, je suis perdu. » Puis j'ai essayé de crier : « Turchini, coupez le circuit », mais je n'ai pu pousser qu'un cri informe.

« J'ai perdu la sensation de l'existence de mes mains et de mes bras étant par terre, et j'ai éprouvé une perturbation de la notion de la verticale et de la notion de couleur. Les murs de la salle m'ont paru s'incliner solidairement à 45° vers la droite, et se colorer en vert intense, puis j'ai perdu connaissance.

« M. Turchini, ayant coupé le circuit, m'a relevé, et j'ai repris connaissance immédiatement. Je n'ai le souvenir d'aucune douleur, je n'ai que celui de l'angoisse et des phénomènes que je viens de décrire.

« En me relevant j'ai pu marcher immédiatement, et j'ai eu la sensation curieuse que ma tête et mes jambes existaient seuls, je n'avais aucune notion de l'existence de mes bras ni du haut du tronc. J'ai essayé alors de remuer les bras et j'ai vu qu'ils étaient complètement paralysés, les fléchisseurs des doigts étaient contracturés. M. Turchini m'ayant touché la main, j'ai eu la sensation de froid intense. Il m'a pincé violemment, et je n'ai rien senti; le sens musculaire était également aboli. L'hyperémie des mains et des avant-bras était considérable. En trois ou quatre minutes les mouvements des fléchisseurs du bras sont devenus possibles. Environ un quart d'heure après, les fléchisseurs des doigts se sont décontracturés, et j'ai pu un peu remuer les doigts. J'ai alors écrit une ligne, avec beaucoup de peine. L'action des interosseux n'a été vraiment rétablie que plusieurs heures après.

« La sensibilité et le sens musculaire sont revenus en même temps que la motilité. L'hyperesthésie au froid a duré une demi-heure environ, car j'ai alors posé ma main sur une règle métallique et je l'ai retirée vivement, ayant éprouvé un froid douloureux.

« J'ai essayé de marcher un peu dans le laboratoire, et j'ai été tout de suite essoufflé. Je suis alors rentré chez moi, et j'ai pu monter lentement mes cinq étages. Je me suis étendu et remis peu à peu.

« Mais une heure et demie plus tard j'ai été pris d'une violente angoisse cardiaque. Le pouls indiquait un battement violent, puis deux secondes d'arrêt, puis une série de battements très fréquents et très petits, puis encore un long arrêt, et les phénomènes recommençaient. Cet état a duré une demi-heure ou trois quarts d'heure, puis s'est amélioré peu à peu. L'arythmie cardiaque a été cependant assez grande jusqu'au lendemain matin à 9 heures, heure vers laquelle elle a cessé presque subitement. Il ne m'est plus resté qu'une forte courbature, qui était d'ailleurs complètement disparue 36 heures après l'accident. Il ne restait aucune trace de celui-ci au bout de 48 heures.

« La paralysie peut s'expliquer soit par une action du courant sur les centres nerveux, soit par la fatigue due au tétanos, et aux actions directes du courant sur les tissus. Je pense que la dernière hypothèse est assez vraisemblable, car la motilité est revenue dans les muscles au bout de temps d'autant plus longs que la densité de courant qu'ils avaient subie était plus élevée.

« De même on peut faire l'hypothèse que les troubles cardiaques consécutifs, apparus une heure et demie après l'accident, sont dus à la présence dans le sang de toxines produites par l'irritation musculaire si violente qui a eu lieu pendant le passage du courant.

« J'ai cherché à vérifier cette idée en soumettant un chien à la même action, mais il s'est montré tout à fait réfractaire, il a subi à plusieurs reprises l'expérience pendant deux secondes sans manifester aucun malaise consécutif. »

---

## CHAPITRE IV

---

### COURANTS DE HAUTE FRÉQUENCE

---

Les courants de haute fréquence sont des courants alternatifs dont le nombre de périodes excessivement élevé peut atteindre plusieurs millions par seconde. Le point de départ de ces courants remonte aux expériences de Hertz (1898). Cet expérimentateur montra qu'on pouvait produire dans un circuit des oscillations électriques dont le nombre pouvait atteindre plusieurs trillions par seconde; il remarqua, mais sans y attacher d'importance, que, malgré la force électro-motrice assez considérable mise en jeu, si on touchait avec le doigt les bornes de l'oscillation, on n'éprouvait aucune douleur.

Joubert reprit les expériences de Hertz et s'aperçut que la patte de la grenouille préparée à la façon de Galvani ne répondait pas aux excitations de l'appareil.

D'Arsonval montra que ce n'était pas un fait isolé et que les courants alternatifs produits par les appareils électro-magnétiques n'agissaient plus sur les nerfs

moteurs et sensitifs lorsque la fréquence dépassait 10.000 alternances par seconde.

Tesla, Elihu, Thomson modifièrent les appareils de production des courants de haute fréquence qui furent étudiés au point de vue physiologique, par de nombreux auteurs.

En 1896, au collège de France et à la Société de Biologie, d'Arsonval montra que ces courants, soi-disant inoffensifs pouvaient tuer des animaux. La mort était due à la production considérable de chaleur provoquée dans les tissus et aux coagulations et embolies qu'elle pouvait déterminer. MM. Bordier et Lecomte, par leurs expériences (1900-1902) sont arrivés à montrer qu'il fallait chercher l'explication des accidents mortels dans des phénomènes d'inhibition développés par ces courants dans les centres nerveux respiratoires.

Le procédé le plus habituellement employé pour produire les courants de haute fréquence est celui qui utilise une propriété spéciale de l'étincelle de décharge des condensateurs. Feddersen a trouvé le premier que la bouteille de Leyde donne une décharge oscillante quand  $R < \sqrt{\frac{4L}{C}}$   $C$  représentant la capacité,  $L$  le coefficient de self-induction et  $R$  la résistance du système. Lorsque la résistance du conducteur parcouru par la décharge est négligeable, la durée de la période d'une oscillation a pour valeur  $T = 2\pi \sqrt{LC}$ .  $T$  peut devenir de l'ordre des cent millionèmes de seconde. Le dispositif employé par MM. Bordier et Lecomte était le suivant : Une bobine de Ruhmkorff de 55 centimètres d'étincelle était actionnée par un courant continu de

120 volts, interrompu périodiquement au moyen de l'interrupteur Wehnelt-Carpentier, modifié par M. Bordier.

Les bornes du fil secondaire de la bobine sont reliées aux armatures internes de deux condensateurs plans munis d'un détonateur. Les armatures externes sont réunies entre elles par un solénoïde formé de quelques tours d'un gros fil de cuivre. Chaque fois qu'une étincelle éclate dans le détonateur, dans ce solénoïde prennent naissance des courants extrêmement énergiques, d'une tension très élevée. Ce sont les courants de haute fréquence.

L'application directe de ces courants s'obtient en prenant le courant aux deux extrémités du solénoïde à gros fil de l'appareil producteur de la haute fréquence.

Vigouroux, dans un travail (1896), sur l'emploi thérapeutique des courants de haute fréquence, essaie de prouver que, dans les courants de Tesla, l'électricité chemine presque entièrement au dehors du conducteur l'enveloppant comme dans une gaine. Pour lui, la raison manifeste de leur inocuité, c'est précisément ce cheminement du courant à la surface du corps, l'organisme étant tout à fait hors du circuit. Dans les courants de haute fréquence, l'action de l'électricité serait strictement limitée à la surface du corps.

Les expériences de MM. Bordier et Lecomte, faites sur des animaux viennent donner un démenti formel à cette opinion et confirment pleinement les idées soutenues par M. d'Arsonval qui avait prouvé par une série de faits physiologiques la pénétration des courants de haute fréquence au plus profond des tissus.

Ce fut en appliquant les courants de haute fréquence par condensation sur le lapin que Lecomte obtint des résultats tout à fait inattendus. Il fit alors plusieurs expériences en variant les conditions et arriva à ce résultat : la mort arrive d'autant plus vite que la taille de l'animal est plus petite. Nous reproduisons ses expériences qui sont très caractéristiques. L'intensité du courant était mesurée avec le galvanomètre thermique de d'Arsonval-Gaiffe gradué en milli-ampères.

*Première expérience.* — Les courants de haute fréquence sont appliqués au lapin à l'aide de deux colliers métalliques, formés d'un ruban, flexible et roulé portant une borne au moyen de laquelle chaque collier est relié à l'une des extrémités du solénoïde. L'un des colliers enserre le cou ; le second est placé en ceinture autour de l'abdomen.

On fait passer le courant pendant une minute. L'intensité est de 400 mA. Le lapin présente une paraplégie du train postérieur. Il meurt douze jours après.

Pour s'assurer que cette action est bien due à la haute fréquence, on remplace, sans changer le reste du dispositif, les colliers par deux poignées métalliques. Un expérimentateur, debout sur une lame d'ébonite, tient dans chaque main une des poignées.

*Deuxième expérience.* — Le corps d'un homme est placé en tension dans le circuit où se trouve le galvanomètre thermique et un lapin : on fait passer un courant pendant trois minutes. Intensité : 300 mA. Le sujet n'accuse absolument aucune sensation ; le lapin est encore paralysé et meurt quatorze jours après l'expérience.

Dans les expériences suivantes, on a établi de meilleurs contacts en remplaçant les colliers par deux électrodes, l'une rectale, l'autre buccale, s'appliquant bien sur les muqueuses.

*Troisième expérience.* — Lapin mâle de 2 k. 050. Electrode buccale, électrode rectale.

Le lapin est lié sur la planche à expériences. Pendant les premières minutes, il fait des efforts pour se dégager. La respiration s'accélère.

Au bout de quatre minutes, il penche la tête et la laisse reposer sur l'appareil à contention.

Cinq minutes. La tête soulevée retombe. Les respirations deviennent rares.

Après sept minutes, le lapin est complètement immobile et ne répond à aucune excitation. Interruption du courant. Pas de mouvements respiratoires. Les battements cardiaques ne sont pas perceptibles. Etat de mort apparente.

Au bout d'environ trente secondes, inspiration profonde suivie du rétablissement des mouvements respiratoires et des battements cardiaques.

L'animal reste environ une demi-heure inerte sur le sol.

Mort sept jours après l'expérience.

*Quatrième expérience.* — Lapin femelle.

Une électrode buccale et une électrode anale reliées aux extrémités du solénoïde amènent le courant. Le lapin est fixé sur l'appareil à contention. On fait passer le courant. Intensité: 500 mA.

Au début, le lapin crie et fait des efforts pour se dégager; au bout de trente secondes, il reste immobile.

2 minutes. La respiration s'accélère: 44 inspirations à la minute.

5 minutes. 68 respirations à la minute; le lapin paraît cependant très bien supporter le courant; aucune secousse dans les membres.

7 minutes. 125 respirations par minute.

De 8 à 10 minutes, le lapin fait de temps en temps des efforts pour se dégager.

10 minutes. La respiration s'accélère encore. Il n'est plus possible de compter les mouvements respiratoires.

12 minutes. Le lapin fait quelques efforts pour se dégager, mais beaucoup moins violents que précédemment.

13 minutes 1/2. Quelques secousses dans les membres postérieurs et dans la mâchoire inférieure. La tête se porte en extension, tous les muscles sont contractés. Tétanisation générale ; l'amplitude des mouvements respiratoires diminue.

15 minutes. La respiration s'arrête ; les battements du cœur ne sont plus perceptibles.

Pupilles dilatées.

16 minutes. L'animal est toujours immobile, rigide.

17 minutes. Interruption du courant pendant deux minutes ; aucun changement dans l'état de l'animal.

19 minutes. On lance le courant ; aucune réaction du lapin.

20 minutes. Interruption du courant. Le lapin est mort ; la rigidité cadavérique a succédé sans transition à la contraction généralisée.

Ces quelques expériences faites sur des lapins, montrent bien que l'application directe des courants de haute fréquence est loin d'être sans action sur ces animaux. Ces courants traversent bien l'organisme tout entier, et ne s'écoulent pas par la surface du corps comme le voulaient Vigouroux et d'autres.

Les expériences, faites sur les lapins, furent répétées sur des cobayes et des rats.

*Cinquième expérience.* — Cobaye mâle.

Electrode buccale et électrode rectale. — Dès le passage du courant, l'animal se débat. Contracture des muscles spinaux. La tête est portée en extension.

2 minutes. La respiration s'accélère. Tous les muscles sont contracturés.

5 minutes. Secousses rythmiques dans les muscles de la nuque, environ 50 par minute.

7 minutes. Cobaye immobile. Respiration arrêtée. Plus de battements cardiaques.

8 minutes. Interruption du courant. Rigidité cadavérique.

A l'autopsie : Congestion des deux poumons. Oreillettes gonflées de sang noir mais fluide.

*Sixième expérience.* — Rat blanc de 155 grammes.

Electrode buccale et électrode rectale. — Contracture dès le passage du courant. Cinq secondes, puis interruption.

On fait de nouveau passer le courant vingt secondes. Etat de mort apparente ; battements du cœur encore perceptibles.

Courant pendant vingt secondes. Aussitôt après la cessation du courant, le cœur bat encore faiblement. On perçoit encore cinq à six pulsations, puis le cœur s'arrête. La rigidité cadavérique a succédé à la contracture généralisée.

M. Jellinek a publié dans la *Semaine Médicale* (18 décembre 1901) des recherches du même genre et confirment entièrement les expériences de MM. Bordier et Lecomte. Pour ces derniers auteurs, la mort par les courants de haute fréquence ne peut s'expliquer que par des phénomènes d'inhibition des centres nerveux respiratoires.

M. d'Arsonval combattit cette opinion à l'Académie des Sciences, et, pour lui, la mort immédiate ou différée, est, en grande partie au moins, le fait de la chaleur développée dans les tissus et des coagulations ou embolies qu'elle détermine. Il trouve que cette élévation de température est très grande dans les expériences de MM. Bordier et Lecomte, puisqu'il y a eu contractions musculaires et phénomènes tétaniques généralisés. L'hyperthermie peut même expliquer à elle seule l'arrêt du cœur.

Il faut absolument éviter les secousses et les contrac-

tions musculaires quand on veut étudier les actions propres des courants de haute fréquence ; la haute fréquence pure ne doit exciter ni les nerfs sensitifs, ni les muscles. Si l'on obtient des contractions, cela tient, pour M. d'Arsonval, ou à ce que le courant est trop dense pour la fréquence employée, ou l'appareil est mal réglé, détonateur mal réglé comme distance explo- sible, mauvais contact ou petite interruption dans les circuits, tant de basse que de haute fréquence, 'arma- tures du condensateur mal appliquées sur le diélectrique, irrégularités de l'interrupteur, etc.

Comme conclusion, M. d'Arsonval termine en disant qu'il faut éviter trois choses lorsqu'on étudie l'action des courants de haute fréquence.

- 1° Toute action sur la sensibilité ;
- 2° Toute action musculaire ;
- 3° Toute élévation anormale de température.

Il est difficile d'admettre que l'effet Joule puisse pro- duire un résultat mortel aussi brusque que celui constaté dans la sixième expérience de Lecomte relatée plus haut.

Quant aux irrégularités de l'interrupteur qui pour- raient provoquer des contractions musculaires. MM. Bordier et Lecomte ont pris des graphiques obte- nus avec le myographe de Marey, qui prouvent que les courants de haute fréquence qu'ils obtiennent ne pro- duisent aucune secousse musculaire, aucun effet moteur. Leur explication de la mort par l'inhibition des centres nerveux respiratoires serait donc la seule bonne à admettre.

Un autre fait très intéressant à propos des courants de haute fréquence vient d'être mis en lumière par

Jellinek. Cet auteur avait vu que ces courants déterminent chez le lapin, soit la mort immédiate, soit des troubles fonctionnels graves plus ou moins persistants : paralysie des quatre extrémités, convulsions, etc. « Si, avant d'appliquer le courant, on soumet l'animal à la chloroformisation et qu'on pousse la narcose assez loin pour que le lapin ne réagisse plus à des excitations intenses, telles qu'affusions chaudes ou froides, piqûres au niveau des différentes parties du corps et de la moelle épinière, etc., on voit l'animal, sous l'influence du courant, tomber d'abord en apisthotonos, puis faire des efforts pour se redresser, exécuter des mouvements de rotation autour de l'axe longitudinal de son corps, ouvrir brusquement la bouche et pousser des cris et très rapidement, au bout de quelques minutes à peine, se dresser sur ses quatre pattes, en gardant une attitude d'effarement. Un animal témoin, chloroformisé en même temps et dans les mêmes conditions que le premier, mais non soumis à l'électrisation, présente une respiration irrégulière et finit par mourir ou, tout au moins, reste profondément endormi pendant dix ou quinze minutes ».

Ainsi donc, les courants de haute tension, tout en exerçant une action nocive sur l'animal à l'état de veille, sont susceptibles de sauver la vie aux animaux plongés dans un sommeil anesthésique profond, sans qu'on constate ensuite le moindre phénomène fâcheux pouvant être rapporté à l'électrisation.

Jellinek estime que la chose mérite d'être étudiée d'une façon plus approfondie, car, dans ce cas, les courants se montrent efficaces lorsque les centres ner-

veux semblent avoir perdu toute excitabilité, l'animal ne réagissant plus aux agents habituels d'excitation.

Jellinek se propose de poursuivre ses recherches sur d'autres espèces animales et avec d'autres modes d'anesthésie.

M. Lecomte, dans sa thèse, exprime l'idée que la meilleure explication des accidents mortels dus aux courants de haute fréquence est celle qui assimilerait les effets de la foudre à ceux produits par l'appareil à haute fréquence. La décharge disruptive qui se manifeste entre deux nuages électrisés ou entre un nuage et le sol, ce qui est le cas de la foudre, donne naissance à des ondes hertziennes, absolument comme les courants de haute fréquence; ce qui le prouve, c'est que le radioconducteur de Branly est impressionné à de grandes distances par les orages. Il n'y a donc probablement qu'une question de dose. Pour le lapin, les courants de haute fréquence mettent en jeu une énergie électrique suffisante pour occasionner sa mort, si on a soin de prolonger le passage du courant un nombre suffisant de minutes. Rien ne se produit chez l'homme, car l'énergie de ce courant est beaucoup trop faible; si cette énergie augmente dans de grandes proportions et est portée à une valeur comparable à celle qui se produit au moment de la décharge d'un nuage, les accidents mortels se produisent chez l'homme, mais dans un temps beaucoup plus court, à cause de l'énergie représentée par cette décharge.

---

## CHAPITRE V

---

### DÉCHARGES ÉLECTRIQUES

---

Ce fut Priestley qui, en 1766, fit le premier des recherches un peu étendues sur la mort par les décharges électriques. Il expérimenta sur des rats, des chats et sur un chien. Il établit ce fait que les commotions peuvent être mortelles sans donner de lésions des tissus à la nécropsie.

En 1775, Félice Fontana reprit la question et fit des expériences plus détaillées. Avec de fortes décharges, les animaux mouraient souvent à la suite d'un seul choc. La mort survenait toujours à la seconde ou troisième décharge, même moins fortes. Il conclut de ses expériences que l'électricité tue par l'abolition de l'excitabilité des muscles.

Marat, le célèbre démagogue, présenta, en 1784, à l'Académie des Sciences de Rouen, un mémoire sur l'électricité médicale. Biraud, dans sa thèse, reproduit *in-extenso* les passages les plus intéressants de ce curieux ouvrage, aujourd'hui presque introuvable.

Troostwyck et Kragenhoff opérèrent sur des lapins avec une forte batterie (5 mètres carrés). Ces auteurs ont constaté l'effet fatal d'une décharge frappant les parties supérieures du système cérébro-spinal ou la région cardiaque et son innocuité quand elle va de la partie moyenne de la colonne vertébrale au sacrum.

En 1866, Tourdes et Bertin firent des expériences de fulguration artificielle au moyen de deux batteries chargées par une bobine de Rhumkorff; elles portèrent sur des poissons, des lapins et un pigeon. Les principaux symptômes qu'ils observaient furent des contractions et des mouvements convulsifs, un affaissement général et de la gêne de la respiration.

Lazzaretti et Albertoni, en 1878, soumièrent des cochons d'Inde à des décharges d'une grande bouteille de Leyde. Pour eux, la mort, survenue après une douzaine de décharges, était due à l'action de l'électricité sur le système nerveux.

Dechambre, à l'occasion de la publication de l'article Fulguration de son dictionnaire, fit une série de recherches sur des cochons d'Inde, des lapins et des chiens, dans le laboratoire de l'Ecole normale et dans celui des Hautes-Etudes au Collège de France. Pour Dechambre, les troubles respiratoires observés chez ces animaux, quant aux actions mécaniques de la respiration et quant aux modifications de la circulation pulmonaire, paraissent être attribués à la suspension des fonctions des parties supérieures de la moelle.

Dans une note présentée à l'Académie des Sciences en 1887, d'Arsonval dit que la décharge statique n'est fatalement mortelle que si le bulbe est directement

trappé par des décharges bien localisées. Lorsque l'énergie de la décharge est suffisante, le bulbe est altéré mécaniquement ; il y a action directe, la mort est irrémédiable ; les tissus sont frappés, détruits et leurs propriétés physiologiques ont disparu. Si la décharge n'a pas l'énergie voulue, la mort aurait lieu par action indirecte, par excitation du bulbe en production de phénomènes d'inhibition respiratoire, d'inhibition du cœur.

Toutes ces recherches expérimentales n'ont aucune valeur scientifique, car elles manquent toutes de données physiques exactes ; or ces données comme la capacité des condensateurs, le potentiel, ont une importance énorme dans les effets produits par les décharges électriques.

Il faut arriver, en 1899, au travail de MM. Prévost et Battelli pour avoir des résultats fournis par des expériences bien conduites. Ces auteurs se sont servis de quinze condensateurs formés de plaques de verre de 2 millimètres d'épaisseur, recouvertes sur leurs deux faces de papier d'étain. Les armatures de chaque plaque avaient une surface de 48 décimètres carrés et pour les quinze plaques de 720 décimètres carrés. La capacité d'une plaque était de 0.16 microfarads, ce qui donne pour les quinze plaques 2, 40 microfarads environ.

Le potentiel est mesuré en déterminant la longueur des étincelles qui peut jaillir entre deux sphères de diamètre donné.

Voici les chiffres donnés par F. Battelli :

| Distance explosive en centimètres | Différence de potentiel en volts,<br>entre deux conducteurs<br>sphériques du diamètre de 2 centimètres. |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,02                              | 1530                                                                                                    |
| 0,04                              | 2430                                                                                                    |
| 0,10                              | 4800                                                                                                    |
| 0,20                              | 7400                                                                                                    |
| 0,30                              | 11400                                                                                                   |
| 0,40                              | 14400                                                                                                   |
| 0,50                              | 17100                                                                                                   |
| 0,60                              | 19800                                                                                                   |
| 0,70                              | 22500                                                                                                   |
| 0,80                              | 24900                                                                                                   |
| 0,90                              | 27300                                                                                                   |
| 1,00                              | 29100                                                                                                   |
| 1,20                              | 33000                                                                                                   |

M. Bordier, dans son *traité d'Electrothérapie* donne des chiffres obtenus par M. Mascart beaucoup plus élevés ; c'est ainsi que pour une distance explosive de un centimètre la différence de potentiel entre deux sphères de 2 centimètres 2 est de 48600 volts.

La quantité d'électricité  $Q$  est donnée par la formule :

$$Q = C \times V$$

$C$  représente la capacité du condensateur, et  $V$  le potentiel ;  $Q$  sera exprimé en microcoulombs, si  $C$  est exprimé en microfarads.

L'énergie emmagasinée dans une étincelle est

$$W = \frac{1}{2} C V^2$$

Si  $C$  est exprimé en microfarads et  $V$  en volts,  $W$  représentera des joules.

MM. Prévost et Battelli ont cherché dans leurs expériences si les effets mortels des décharges électriques sont en rapport avec la quantité ou avec l'énergie.

Des nombreuses expériences que ces auteurs ont faites, il résulte que les effets mortels d'une décharge électrique ne sont pas en rapport avec la quantité d'électricité qui passe par le corps de l'animal ; ils sont proportionnels à la capacité du condensateur et au carré du potentiel.

Au-dessus d'une certaine limite, un centimètre et demi, environ, l'augmentation de la distance explosive n'est pas suivie d'une augmentation proportionnelle des effets mortels. A ce moment, l'augmentation de la capacité présente plus d'importance que l'augmentation de la distance explosive. Quant à la nature des pôles, que l'électrode positive soit appliquée dans la bouche et la négative dans le rectum, ou vice-versa, elle n'exerce aucune influence sur les effets mortels.

L'énergie électrique nécessaire pour tuer un animal quelconque, augmente, d'une manière générale, avec la taille de l'animal. Si, par exemple, une énergie de 1000 joules est inoffensive pour un chien de 7 kilogs, la respiration d'un lapin de 2 kilogs sera immédiatement arrêtée par cette décharge. Mais il n'existe pas un rapport exact entre l'énergie électrique nécessaire pour occasionner la mort d'un animal et son poids. Ainsi une énergie de 900 joules arrête immédiatement la respiration thoracique d'un lapin de 2 kilogs ; pour produire le même effet chez un cobaye de 500 grammes, il faudra une énergie de 400 joules. Le rapport entre le poids de ces animaux est de 1 : 4 ; le rapport entre les nombres de joules 1 : 2, 25.

L'âge paraît jouer un certain rôle dans les effets mortels de la décharge électrique ; les animaux jeunes sont plus sensibles à ces effets que les animaux adultes.

La gravité des troubles fonctionnels produits par les décharges électriques est en rapport avec l'énergie de ces décharges. Si l'on ne dispose pas d'une énergie suffisante pour produire l'effet désiré, on peut répéter les décharges à quelques secondes d'intervalle et observer ainsi une sommation des effets produits. Mais, il faut observer que l'énergie dépensée dans plusieurs décharges successives produit des effets moins dangereux qu'une seule décharge représentant la même somme d'énergie.

Suivant l'énergie des décharges employées, on observe différents symptômes qui peuvent aboutir à la mort. Avec une décharge d'énergie faible, on obtient une contraction musculaire généralisée, unique ; la pression artérielle monte après une descente préalable. Si l'on augmente l'énergie, on obtient des convulsions cloniques, le centre respiratoire n'est pas atteint. Chez les jeunes cochons d'Inde, il se produit des lésions pulmonaires caractérisées par la perte de l'élasticité pulmonaire ; le poumon reste dilaté et ne se rétracte pas, il est congestionné, œdématisé et les bronches se remplissent souvent d'une écume sanguinolente. Dans ces conditions, la respiration ne peut plus s'effectuer et la mort survient.

Avec une énergie électrique plus forte, on assiste à l'inhibition du système nerveux, et enfin à l'arrêt complet du cœur, suite des trémulations ventriculaires.

Les décharges électriques sur le cœur d'un animal ont servi à MM. Prévost et Battelli, à rétablir le rythme cardiaque, chez le chien ou chez le chat adultes, avec restauration de la pression artérielle quand le cœur de ces animaux avait été mis en trémulations ventriculaires ; la seule condition nécessaire est que le temps compris entre l'entrée en trémulations fibrillaires du cœur et le moment de la décharge n'excède pas 15 secondes. S'il y a plus de 15 secondes, il faut recourir à un massage plus ou moins prolongé du cœur avant d'appliquer la décharge électrique. Les décharges qui ont paru les plus favorables à la restitution des battements cardiaques étaient, chez le chat (capacité : 0,63  $\mu$ F, distance explosive 5 millimètres) pour le chien de forte taille (capacité : 1,74  $\mu$ F, distance explosive 6 millimètres).

Les courants induits appliqués sur la région du cœur qui a reçu une forte décharge électrique ne provoquent plus de trémulations fibrillaires ; ces trémulations peuvent, au contraire, être provoquées, si l'on électrifie un point autre que celui qui a reçu la décharge.

Les lésions anatomiques observées dans les cas d'effets mortels dus aux décharges électriques offrent peu d'importance. On a constaté des phénomènes congestifs avec œdème pulmonaire, des ecchymoses sous-pleurales, de l'écume sanguinolente dans les bronches.

La rigidité cadavérique est habituellement rapide et énergique.

## CHAPITRE VI

---

### PROPHYLAXIE ET THÉRAPEUTIQUE DES ACCIDENTS ÉLECTRIQUES

---

Le nombre des accidents mortels produits par les courants électriques industriels est assez considérable. Il l'est surtout en Amérique où les installations électriques sont faites trop rapidement et avec moins de soin qu'en France par exemple. Nous devons donc étudier quelques mesures préservatrices pour pouvoir se mettre autant que possible à l'abri des accidents produits par ces courants dangereux.

Les individus qui sont les premiers exposés à ces accidents sont les ouvriers que leur service attache aux machines électriques ; ils possèdent, pour se mettre à l'abri des dangers, un certain nombre de moyens dont l'efficacité n'est pas douteuse : gants de caoutchouc, tapis isolants, manches isolants, etc.

M. Morton, au Congrès des électriciens américains, à May-Cape, le 19 août 1890, fit une communication au

sujet des précautions à prendre dans les stations centrales d'électricité. Voici les deux principales :

1° Ne jamais toucher à un fil électrique ou à un appareil quelconque lorsqu'on se trouve sur le sol ou en contact avec des pièces de fer, des tuyaux d'eau ou de gaz, ou de la maçonnerie, à moins d'avoir les mains couvertes de gants de caoutchouc et d'employer des outils à manches isolants, qui aient été déclarés en bon état par l'électricien de la station ou par une autre personne compétente.

S'il est indispensable de se tenir sur le sol ou sur une surface non isolée lorsqu'on touche des fils électriques et des appareils, il faut employer des chaussures à semelles de caoutchouc ou un tabouret isolant. Pour transporter, accrocher ou établir des fils destinés à l'éclairage électrique, des lampes ou des supports, n'employer que des intermédiaires bien secs ;

2° Eviter, toutes les fois que cela est possible, d'employer les deux mains à la fois pour toucher les fils ou les appareils. Lorsque l'emploi simultané des deux mains est indispensable, s'assurer qu'aucun courant ne passe, à moins que les mains ne soient protégées par des gants isolants.

Nous reproduisons une circulaire de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail sur les mesures de sécurité dans les installations électriques :

INSTRUCTIONS  
CONCERNANT LES MESURES DE SÉCURITÉ  
DANS LES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

---

« Monsieur,

« Nous avons l'honneur de vous adresser une affiche destinée à indiquer aux ouvriers des ateliers où il existe une distribution électrique de force, d'éclairage ou mixte, les précautions à prendre pour éviter les accidents dus à l'emploi de l'électricité.

« Nous croyons devoir attirer tout particulièrement votre attention sur les points suivants :

« Il est indispensable de tenir toujours dans un parfait état de propreté les machines génératrices et réceptrices, ainsi que les tableaux et appareils de distribution du courant qui accompagnent ces machines. Cette prescription est d'autant plus essentielle que des matières étrangères, telles que : huile, graisse, eau (à l'état liquide ou de vapeur), poussières et surtout poussières métalliques, etc., venant à se loger dans certaines parties de ces machines et appareils, créeraient des dérivations, courts-circuits, etc., pouvant entraîner des conséquences plus ou moins graves, soit pour les personnes, soit pour les machines elles-mêmes.

« Dans tous les cas où il sera nécessaire de toucher à une partie de l'installation, soit pour la visiter, soit pour la réparer, nous pensons qu'il est indispensable de prescrire de l'isoler du courant électrique avant tout travail, afin d'éviter les accidents de personnes dont il est question plus loin.

« Cette nécessité de couper les conducteurs d'arrivée et de retour du courant, s'impose aussi toutes les fois qu'il s'agit d'éteindre un incendie dû à l'électricité ou à toute autre cause. Si, en effet, on venait à jeter de l'eau sur les conducteurs en charge ou à entourer ces conducteurs de linges mouillés (ce

qui vient naturellement à l'idée quand il s'agit d'éteindre le feu), on créerait des courts-circuits qui ne feraient qu'activer l'incendie et on s'exposerait à des accidents de personnes d'autant plus graves que la tension de distribution de l'électricité serait plus élevée.

« Toutes les fois, en effet, qu'on touche simultanément un conducteur d'arrivée et un conducteur de retour du courant, il se produit une dérivation au travers du corps de la personne qui établit ce double contact ; si même on ne touche qu'un seul conducteur sans être parfaitement isolé du sol, on reçoit une secousse ; les conducteurs ne peuvent jamais être rigoureusement isolés, une partie du courant se dévide par la terre et le corps de celui qui touche à l'un d'eux.

« C'est pourquoi nous avons cru devoir interdire aux ouvriers non électriciens de toucher aux fils d'une canalisation, sans distinguer si la distribution se fait à haute ou basse tension, et prescrire à ceux qui sont chargés de la conduite des dynamos et de la partie électrique de l'installation de ne toucher aux appareils producteurs ou distributeurs du courant à haute tension et au conducteur parcouru par ce courant que lorsqu'ils sont assurés d'être parfaitement isolés du sol.

« Les gants en caoutchouc sont évidemment efficaces quand ils sont en bon état, mais ils ne permettent plus un isolement suffisant dès qu'ils sont troués, même imperceptiblement. Il paraît donc préférable de s'isoler du sol en chaussant des caoutchoucs auxquels il est plus facile de donner de l'épaisseur, ou mieux encore, si cela est possible, en recouvrant le sol, ou au moins la partie voisine des appareils, d'un tapis isolant. Dans ce dernier cas il est bien entendu que ce tapis devra avoir une largeur telle que l'ouvrier soit forcé de se placer sur lui pour faire les manœuvres nécessaires.

« L'interdiction absolue de laisser pénétrer dans un local renfermant un ou plusieurs transformateurs s'explique d'elle-même, ayant signalé plus haut le danger qui résulterait d'un contact avec les deux pôles d'appareil parcouru par des courants de haute tension.

« Enfin les accumulateurs sont le siège de réactions chimiques accompagnées de dégagement d'hydrogène.

« Il en résulte l'obligation de ventiler convenablement les locaux où ces appareils sont enfermés et de n'y jamais pénétrer avec une lumière à feu nu, ni d'y fumer. On pourrait déterminer l'explosion des mélanges d'hydrogène et d'air qui auraient pu se former et occasionner un accident grave.

« Nous avons cru devoir vous donner ces explications afin que vous puissiez vous rendre compte de l'utilité de l'affiche qui s'adresse à vos ouvriers en général, et que vous sachiez en même temps les points sur lesquels il convient d'appeler spécialement l'attention de ceux qui s'occupent de la conduite et de l'entretien de vos appareils de production, de distribution et d'utilisation de l'électricité.

« Veuillez agréer, etc.

« *Le Président de l'Association*, S. PÉRISSÉ.

« *Le Directeur de l'Association*, H. MAMY ».

Cette circulaire est très bien faite et montre bien quels sont les moyens de se préserver des accidents des courants électriques. Malheureusement, les accidents n'arrivent pas seulement dans les stations centrales. Que faut-il faire en présence d'une personne victime d'un accident électrique ? Il peut exister deux cas : ou la personne est en contact avec le conducteur, ou le contact a cessé.

Dans le premier cas, il faut naturellement, avant tout, faire cesser le contact, parce que les brûlures deviendront toujours plus profondes et parce que la mort peut avoir lieu par asphyxie lorsque le passage du courant dure au delà d'une minute. Mais il faut prendre des précautions particulières pour faire cesser le contact, pour que

les personnes qui interviennent ne puissent être victimes également.

S'il est possible, il faut faire arrêter immédiatement le courant à l'usine ; si on ne le peut, on interrompra le courant en coupant le conducteur avec des instruments dans lesquels la partie tranchante sera séparée du manche par des parties isolantes ; on essaiera de produire un court-circuit à l'aide d'un corps bon conducteur, tenu au moyen d'un isolant, de manière à faire sauter les plombs de sûreté. Si l'on n'a rien sous la main, ce qui est souvent le cas, il faudrait suivre le conseil proposé par Prévost et Battelli, qui consiste à dégager la victime avec un coup de pied. Un courant qui passe d'une jambe à l'autre n'offre aucun danger ni pour le cœur, ni pour le système nerveux même à de hautes tensions. La personne qui touche la victime du pied ne ressentira qu'une secousse bien faible, étant donnée la grande résistance des chaussures (1300 à 2500 ohms). Il faut s'assurer que les fils ne puissent, en se balançant ensuite, venir toucher celui qui a donné le coup de pied.

Si le contact a cessé, et que la victime n'ait pas perdu connaissance, un peu de repos suffira pour remettre la personne.

Lorsqu'il y a perte de connaissance, sans arrêt de la respiration, il faut assurer le bon fonctionnement de la respiration, en tirant la langue hors de la bouche, car la base de la langue peut tomber sur la glotte et l'obstruer. On s'efforcera ensuite de faire revenir la personne en frictionnant la surface du corps, en flagellant le tronc avec les mains ou des serviettes mouillées, en jetant de temps en temps de l'eau froide sur la figure, en fai-

sant respirer de l'ammoniaque ou du vinaigre, etc.

Si la respiration est arrêtée, il faut suivre l'instruction de MM. Bouchard, d'Arsonval, Laborde et Gariel, sur les soins à donner aux victimes des accidents électriques. « Pour rétablir la respiration artificielle, on peut avoir recours principalement aux deux moyens suivants : la traction rythmée de la langue et la respiration artificielle.

*1° Méthode de la traction rythmée de la langue*

« Ouvrir la bouche de la victime et, si les dents sont serrées, les écarter en forçant avec les doigts ou avec un corps résistant quelconque, morceaux de bois, manche de couteau, dos de cuiller ou de fourchette, extrémité d'une canne.

« Saisir solidement la partie antérieure de la langue entre le pouce et l'index de la main droite, nus ou revêtus d'un linge quelconque, d'un mouchoir de poche, par exemple, (pour empêcher le glissement) et exercer sur elle de fortes tractions répétées, successives, cadencées ou rythmées, suivies de relâchement, en imitant les mouvements rythmés de la respiration elle-même, au nombre d'au moins 20 par minute.

« Les tractions linguales doivent être pratiquées, sans retarder, avec persistance durant une demi-heure, une heure et plus.

*2° Méthode de la respiration artificielle*

« Coucher la victime sur le dos, les épaules légèrement soulevées, la bouche ouverte, la langue bien dégagée.

« Saisir les bras à la hauteur des coudes, les appuyer assez fortement sur les parois de la poitrine, puis les écarter et les porter au-dessus de la tête, en décrivant un arc de cercle, les ramener ensuite à leur position primitive, en pressant sur les parois de la poitrine.

« Répéter ces mouvements environ vingt fois par minute en continuant jusqu'au rétablissement de la respiration naturelle. »

Il faudra toujours commencer par la méthode des tractions rythmées de la langue ; s'il est possible, on appliquera, en même temps, la méthode de la respiration artificielle.

Nous avons vu que la mort survenait très souvent, avec les courants alternatifs surtout, par paralysie du cœur. Dans ces cas, la respiration artificielle ne sera d'aucun secours ; nous n'avons aucun procédé pratique pour faire reprendre au cœur de l'homme son rythme normal.

Ces divers moyens employés pour rétablir la respiration chez une personne victime d'un accident électrique, doivent être mis en œuvre quand il s'agit d'un accident par la foudre. Il faut traiter un foudroyé comme un noyé, a-t-on dit. Il faut lui faire les tractions rythmées de la langue et la respiration artificielle.

Nous venons de voir quels sont les procédés en usage de nos jours pour les secours à donner aux victimes des accidents électriques.

Il est intéressant de reproduire une lettre du père de Bichat qui donne les moyens employés, il y a un siècle, pour ramener les malheureux foudroyés à la vie. Nous l'empruntons au *Lyon Médical* du 21 septembre 1902 :

#### LETTRE DE BICHAT PÈRE A M. TARTRA (1)

« Poncin, 18 décembre 1806.

« Monsieur,

« Je vous envoie les observations que j'ai fait sur les effets de la foudre qui tombe assez souvent sur ce pays-ci.

---

(1) A.-E. TARTRA, chirurgien du premier Dispensaire, secrétaire général de la Société Médicale d'Emulation.

« Je désire qu'elles puissent être utiles à l'humanité. Soyez, Monsieur, mon interprète auprès de tous mes confrères de la bonté qu'ils ont eue à mon égard et du sentiment de reconnaissance.

« Les sciences perdent beaucoup par la mort de M. Barthez.

« J'ai l'honneur d'être, Monsieur, votre serviteur,

« BICHAT D. M.

« M. d. la S. M. D. E. »

## OBSERVATIONS SUR LA FOUDRE

### *Moyens employés pour ramener les malheureux à la vie*

« Dans le mois de juillet mil sept nonante-deux, la foudre tomba sur l'hôtel de ville de Poncin, entra dans la salle des délibérations où se trouvoient beaucoup de fusils rangés le long des murs, les jette au milieu, *fondant* quelques parties des uns, dessent à la cuisine, frappe le s<sup>r</sup> Favre régent du Collège en plusieurs endroits du corps, surtout à la tête et le laisse comme mort, point de pouls, aucun signe de vie, la glace présentée à la bouche ne se ternit point, *le visage cadavéreux*.

« Je courus tout de suite avec M. Garnier, chirurgien. L'homme étoit replet et sanguin. Je lui fis ouvrir la veine de chaque bras, point de sang. Je me déterminai alors à faire faire des frictions avec des linges roux trempés dans de l'eau de vie sur toutes les parties brûlées jusqu'à ce que l'épiderme fût emportée (c'est la seule chose que la foudre brûle). Je fis faire ensuite des frictions continuelles sur l'épine vertébrale.

« Après une heure de ce travail pénible, le sang commence à couler de chaque bras; quelques moments après, nous entendîmes quelques soupirs, et peu à peu, les fonctions se rétablissant, M. Favre fut rendu à la vie, et à une parfaite santé. La tête qui avoit le plus souffert, n'a éprouvé aucuns dérangemens dans ses fonctions : la mémoire, le jugement, l'ouïe, le goût, l'odorat, tout fut remis dans le même état qu'avant cet accident, et il se porte toujours bien.

« Le dix-huit juin mil huit cent quatre, la foudre tomba sur Jean Marchand, Louis Chatron, Jean Bussilet et Jean Baptiste Benoit. Toute la partie gauche du corps depuis les épaules jusqu'aux genoux fut brûlée. Lorsqu'on les eût apportés chez eux, M. Garnier et moi retrouvâmes les mêmes symptômes de mort que chez M. Favre. Nous n'employâmes que les frictions à l'eau de vie. Deux furent bientôt remis, le troisième fut plus longtemps affecté. Jean Marchand avoit reçu le coup au sommet de la tête. Son chapeau fut fendu en plusieurs morceaux, la foudre suivit toujours dans la partie gauche depuis le sommet jusqu'au genou. Il fut beaucoup plus longtemps à se remettre, ce ne fut que le lendemain qu'il fût en état de marcher, fut ebété pendant un jour ou deux, mais ensuite en parfaite santé.

« Une circonstance singulière, c'est qu'il ne parut sur leurs chemises aucune trace de brûlure, ni sur les cheveux des deux qui avoient été frappés fortement à la tête.

« Je crois que la foudre ne fait que paralyser toutes les parties externes, les fonctions animales sont presque toutes concentrées dans l'intérieur. Le cerveau paroît avoir peu de communication avec le tronc. Il paroît donc essentiel de rendre aux muscles, aux vaisseaux, surtout aux nerfs de la moëlle épinière toute l'action qu'ils avoient avant. Alors leur correspondance mutuelle remet l'équilibre qui étoit interrompu. Les mêmes épreuves doivent réussir sur les animaux victimes. Il seroit à souhaiter que dès que l'occasion se présente, que l'on usa du même procédé.

« BICHAT D. M. »

Pour se préserver de la foudre, il faut munir tous les édifices (églises, maisons, etc...) situés sur des points élevés et en situation d'être frappés par la foudre, de paratonnerres. Il faut que les conducteurs qui amènent l'électricité au sol soient larges, bien réunis les uns aux

autres et se perdent à une assez grande profondeur en terre. Le danger grandit de plus en plus, car les maisons renferment une quantité de fer beaucoup plus considérable qu'autrefois (poutres en fer, colonnes, escaliers de fer, etc...), et par conséquent sont susceptibles d'attirer la foudre. Un très mauvais moyen d'éviter la foudre consiste à se placer sous les arbres pendant un orage. Boudin estime à 1.500 le nombre de personnes qui, en 30 ans, auraient pu échapper à la mort en évitant de chercher un abri trompeur sous les arbres. Certains arbres sont plus frappés que d'autres. C'est ainsi que le bouleau est frappé une fois pendant que les pins le sont 15 fois et les chênes 54 fois. Les chances d'être foudroyé augmentent considérablement dans les montagnes ; elles sont presque nulles dans certaines contrées. En France : la Bretagne, l'Anjou, le Maine, la Normandie, ne fournissent que très peu de cas de foudroiement. La Lozère, par contre, a un contingent très élevé.

---



## CONCLUSIONS

---

1° Les courants continus causent la mort par paralysie du cœur. Les effets mortels ne se produisent chez l'homme que si le courant a une tension très élevée (plus de 1500 volts). Chez le chien, 50 à 70 volts suffisent ; il faut 400 à 500 volts pour tuer un cheval. Les troubles nerveux sont d'autant plus graves que la tension est plus élevée et le contact plus prolongé. Les secousses de rupture et de fermeture ne sont pas nécessaires pour la production des trémulations fibrillaires du cœur.

2° Les courants alternatifs peuvent produire la mort : soit par paralysie du cœur, soit par inhibition des centres nerveux respiratoires, suivant qu'ils ont une tension faible ou très élevée.

Les dangers de ces courants acquièrent leur maximum pour un nombre de périodes compris entre 39 et 150 à la seconde.

3° Que la mort soit occasionnée par les courants continus ou par les courants alternatifs, on ne constate

à l'autopsie aucune lésion caractéristique. L'examen microscopique ne décèle aucune lésion cellulaire nerveuse.

4° Les courants faradiques ne peuvent occasionner d'accidents mortels parce que leur intensité est trop faible.

5° La mort par les courants de haute fréquence, en application directe chez les animaux, ne peut s'expliquer que par des phénomènes d'inhibition des centres nerveux respiratoires.

6° Les décharges électriques provoquent la mort par inhibition du centre respiratoire et, dans certains cas, par paralysie du cœur.

7° Quand la mort est due à la paralysie du cœur, nous ne possédons aucun moyen pratique pour ramener à la vie les victimes des accidents électriques.

Lorsque la mort est le résultat de l'inhibition des centres nerveux, la respiration artificielle et les tractions rythmées de la langue peuvent ranimer les victimes.

Vu :

*Le Président de la Thèse,*

ARLOING.

Vu :

*Pour le Doyen, l'Assesseur*

LACASSAGNE.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Lyon, le 4 février 1903.

*Le Recteur,*

*Président du Conseil de l'Université,*

GABRIEL COMPAYRÉ.

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

---

*Académie de Médecine (New-York)*. — Discussion upon the Infliction of the death Penalty by Electricity (*New-York Medical Journal* 1892 p. 548).

ANDRIESEN (H.) — Courants de charge des condensateurs dans les circuits de courants alternatifs (*Dinns Annal. t. VII* p. 368-381, fev. 1902, et *Ann. in Eclair. élec.* 17 mai 1902).

*Arch. d'élec. médic.* p. 446 (1901) — Secours à donner aux victimes de l'électricité.

ARLOING (S.) — Contribution à la connaissance de l'action des courants électriques continus à haut voltage sur les chevaux (*Journ. de Phys. et Path. gén.* 15 nov. 1902 p. 967 et suiv.).

ARSONVAL (d') — Effet des décharges, courants continus et alternatifs sur les animaux (*C. R. Acad. Sc.* 4 avril 1887).

— La mort par l'électricité dans l'industrie (*C. R. Soc. Biol.* 1887 p. 95).

— Effets physiologiques de l'électricité (*Bull. Acad. Med.* 1892).

— Mort apparente produite par les courants alternatifs; Rappel à la vie par la respiration artificielle (*C. R. Acad. Sc.* 21 mai 1892).

ARSONVAL (d'). — Mort par les courants électriques (*Soc. biol.* 21 janv. 1892).

— Du mécanisme de la mort par l'électricité (*Soc. biol.* 24 nov. 1894, et *Sem. Médic.* n° 67, 28 nov. 1894).

— Mort par l'électricité (*Prog. Méd.* n° 29, 20 juillet 1895).

— Remarques au sujet de la communication de MM. Bordier et Lecomte (*C. R. Acad. Sc.* CXXXIII, 1297, 30 déc. 1901).

ARTEMIER — Vêtements de sureté contre les courants électriques de haute tension (*Archiv. für Post und Thelegraphic Berlin*; et *Arch. Elec. méd.* 1901 p. 687.)

Association des Industriels de France contre les accidents du travail. — Instructions concernant les mesures de sécurité dans les installations électriques. (*Arch. Elec. méd.* 1897 p. 161).

BARNES — *Medical Times and Gazette* 1868.

BATTELLI (F.) — Voir Prévost.

— Des trémulations fibrillaires du cœur chez différentes espèces animales (*Journ. Phys. et Path. gén.* II p. 422. Paris 1900).

— Le rétablissement des fonctions du cœur et du système nerveux central après l'anémie totale (*Journ. Phys. et Path. gén.* II p. 443 et *C. R. Acad. Sc.* 19 mars 1900).

— Le mécanisme de la mort par les courants électriques chez l'homme (*Trav. du Laboratoire de Physiologie, de l'Univ. de Genève* I. 1900 et *Rev. méd. de la Suisse romande* XIX, 605-618 oct. 1899 et *Ann. d'Electrobiologie de Doumer*).

— La mort par les courants des bobines d'induction (*Journ. de Phys. et Path. gén.* janv. 1902 n° 1 p. 12 et suiv).

— La mort et les accidents par les courants électriques industriels (II<sup>e</sup> Congrès intern. d'elect. et de radiol. med. Berne 1902 et *Arch. Elect. méd.* p. 777, 1902).

- BEAUDOIN (M.). — Dangers de l'électricité à haute tension (*Prog. méd.* 1890 p. 6).
- BICHAT. — 18 déc. 1806. — Lettre à M. Tartra (*Lyon Médical* 21 sept. 1902).
- BIGGS. — *New-York med. Ricord* 2 nov. 1889.
- BIRAUD (F.) — La mort et les accidents causés par les courants électriques de haute tension (*Thèse de Lyon* 1892).
- BISHOP (F.) — The lethal effect of electricity (*Virginia med. Semi Monthly* 25 déc. 1896).
- BLAKESLEY. — Les courants alternatifs (*Trad. Rechniewski, Baudry* 1892).
- BLAYAC. — Dangers de l'éclairage électrique (*Journ d'hygiène* 1890).
- BORDIER (H.) — Précis de Physique biologique (*Collect. Testut*).  
— Précis d'Electrothérapie (*Paris* 1902).
- BORDIER et LECOMTE. — Action des courants de haute fréquence (application directe sur les animaux (*C. R. Acad. Sc. CXXXIII*, 1295, 30 déc. 1901 et *Arch. élect. méd.* 1902 p. 44 et 501).
- BORDIER et PIÉRY. — Nouvelles recherches expérimentales sur les lésions des cellules nerveuses d'animaux foudroyés par le courant industriel (*Arch. élect. méd.* 1901 p. 337 et *Lyon Méd.* 17 fév. 1901 ; *Arch. élect. méd.* 1902 p. 485).
- BOUCHARD, d'ARSONVAL, LABORDE et GARIEL. — Sur une instruction concernant les soins à donner aux victimes des accidents électriques (*Arch. élect. méd.* 1894 p. 524).
- BOUDIN. — Histoire physique et médicale de la foudre (*Ann. d'hygiène et de méd. lég.* 1854-1855) *British med. Journal* — 1890, p. 540. 15 Janvier 1898.
- A. BROCA. — Souvenir d'un électrocuté (*Revue scientifique* 1901 p. 621).

BROWN (Harold P.) — Death current experiments at the Edison Laboratory (*Med. leg. Journ. New-York mars 1889*).

Comparative danger to life of electric currents (*id.* 1889).

— The new Instrument of execution (*North amer. review nov. 1889 p. 586*).

BUCHANAN (Walter). — *The lancet* 1886 p. 297).

— Death by and electric shock (*the lancet* 1892 p. 628).  
*Bulletin de la société internationale des électriciens, avril 1896 et avril 1898*.

CABOT (J. A.) — Accidents et risques dans l'utilisation des courants produits par les stations centrales et transmis par les fils aériens ou souterrains (*Archiv. Elect. méd. 1897 p. 41*).

CAHEN. — Fulguration avec mort apparente. Traitement et guérison (*Journ. méd. et chir. 10 oct. 1899 p. 735*).

CARDANI. — Sur la durée des décharges ralenties (*Journ. Phys, déc. 1886*).

CARLETON (Guy). — Death by electricity in capital cases (*Med. leg. Journ. New-York mars 1889*).

CECIL PHILIPPO (James). — Electrocutation (*Med. Rec. 26 août 1893*).

*Centralblatt für Medizin.* — Ueber die Verwendbarkeit der von den dynamomaschinen erzeugten Electricität zum medizinischen Zwecken (1889 n° 8).

CLARK-BELL. — Electricity and death penalty (*Brochure Chicago*).

— *The alienist and neurologist* n° 2 T. X.).

— Electricity in its medicolegal relation (*Med. leg. Journ. New-York 1890*).

— Electrocutation (*Med. leg. Journ. juin 1890*).

CLAUDE (G.) — Les dangers des distributions à haute tension (*L'Electricien 30 oct. 1897*).

CLOWES (H-A.) — Un cas de mort par l'électricité (*The Lancet 1892*).

- COLLINS. — Electrical injury ; shock from a telephone wire  
(*The lancet* 6 fév. 1892).
- Congrès d'électrologie et de radiologie. — I. Paris, 1900.  
— — — II. Berne, 1902.
- CONTADES (de). — Accident causé par l'électricité. (*Cosmos*,  
23 avril 1890).
- CORRADO (G.). — Di alcune alterazioni della cellule nervose  
nelle morte per elettricità. (*Naples* 1898 et *Arch. élec.  
méd.* 1899, p. 75).
- Cosmos*. — Suicide par l'électricité à Paris, dans les ateliers de  
M. Chertamps (1885).
- CRITZMANN. — La mort par l'électricité d'après le Dr Kratter.  
(*Ann. hyg. Paris*, 3<sup>e</sup>, XXXIV, 1895, p. 527-38).
- CUNNINGHAM (R. H.). — La cause de la mort par les courants  
électriques industriels. *New-York méd. Journ.* LXX,  
1899).
- DANA. — Electrical injuries. (*New-York, méd. record.*, 2 nov.  
1889).
- DELANCEY. — Etude sur l'altération du sang consécutive aux  
accidents produits par l'électricité. (*Buffalo, New-York*).
- DELÉPINE. — The post mortem appearances in case of death  
by electricity (*British méd. Journ.* 1885, p. 531).
- DENOYÈS (J.). — Les courants de haute fréquence. — Pro-  
priétés physiques, physiologiques et thérapeutiques  
(in thèse Montpellier, 1902).
- DONNELLAN (P. S.). — A case of electric shock of one thousand  
volts insensibility of patient to pain ; recovery (*Méd.  
news*, 4 août 1894).
- DOUILLET. — La mort et les accidents causés par les courants  
électriques de haute tension. (*Le Dauphiné méd.*,  
août 1894).
- DOULIN. — Étude sur les accidents mortels produits par l'élec-  
tricité dans le laboratoire d'Edison. (*Med. leg. Society  
New-York*).

DOULIN. — The pathology of death by electricity (*Med. leg. Journ. mars 1890*).

Electricity in its legal and medicolegal relations. (*Med. leg. journ., mars 1890*).

DUMOND. — Instruction ministérielle sur les soins à donner aux personnes foudroyées (*l'Elect. 2 nov. 1896*).

DURAND. — Sur un cas de mort causé par l'électricité industrielle (*Thèse Paris 1894*).

DURCH (H.). — Zur casuistik des Blitzschlages nebst Bemerkungen ueber den Tod durch electricität. (*Munch. med. Wochens., 30 juillet 1895 et Rev. neurol., n° 20, p. 615, oct. 1896*).

EDISON. — The dangers of electric Lighting (*North americ. review, nov. 1889*).

EDELMAN. — Elektrotechnik für Aerzte (*Munich, 1890*).

EDWIN HOUSTON. — Expériences sur la mort causée par les courants alternatifs (*Améric. élect. thérap. assoc. New-York, 1894*).

EL. — Le foudroiement électrique des condamnés à mort, (*Monit. indust., 5 avril 1892*).

*Electrical Review.* — Experiments conducted by M. Kenelly at the Edison laboratory (*22 sept. 1888*).

— Catastrophe produite par les courants électriques de haute tension (*1895*).

— Mort par l'électricité à Hamstead (*1896*).

— Choc électrique, retour à la vie par la respiration artificielle (*1896*).

— *12 janv. 1898*).

*Electrical World.* — Experiments with death currents, by MM. Brown and Kenelly and Paterson, at the Edison laboratory and at Columbia College (*8 août 1888*).

*Electricien (P).* — Bizarre accident d'électricité (*11 sept. 1897*).

— Tramways et téléphones (*26 mars 1898*).

*Electrotechnische Zeitschrift.* — Cas de mort récente par les courants électriques (*30 déc. 1897. et in Arch. élect. méd. 1898*).

*Electrothérapie de Francfort (Congrès d'). — (Wiesbaden, 1892).*

EULENBOURG. — (*New. Centralblatt* 1892 n° 1).

FELL. — The influence of electricity on protoplasma with some remarks to the Kemmler execution (*Phys. and Surg. and Detroit*, 1890, p. 433).

FELICE FONTANA. — Recerche filosofiche sopra la fisica animale. (*Florence*, 1775).

FONVIELLE (W. de). — La première électrocution (*Lumière électrique*, 1890. T. XXXVII, p. 592).

FRIEDINGER. — *Wiener Klinische Woch.*, 1892.

GAIFFE. — Sur les dangers que présente l'emploi en électrothérapie des courants fournis par les stations centrales d'éclairage électrique. (*Soc. franç. d'électroth.*, 6 avril 1897).

GARIEL. — Rapport sur les usines électriques à la Société de Médecine publique. (*Rev. d'hyg. fév.* 1892).

— Expertise sur l'accident des Tuileries (1882, in thèse de Grange).

GARTNER. — Ueber den Elektrischen Widerstand des Mannlichen Korpers gegenüber Inductionstromen. (*Wien Jahrb.*, S., p. 509).

GAUTIER (E.). — Article sur l'électrocution (*Figaro*, 4 avril 1892).

— Le caprice d'une fée. (*Echo de Paris*, avril 1892).

— Une enquête fin de siècle. (*Figaro*, 16 juin 1892).

— (*Année scientifique et industrielle* 1900, p. 259).

Gaulois (le). — La mort par l'électricité (*interviews*, mai 1890).

*Gazette des hôpitaux de Toulouse.* — Le foudroiement par l'électricité (1895).

GIBBONS (Peter). — Méthode pour ressusciter quelqu'un ayant reçu un choc électrique. (*New-York méd. Journ.* 20 avril 1895 et *Arch. élect. méd.* 1895, p. 345).

GIESON (Van). — Execution by electricity. (*Boston Méd. and Surg. Journ.* 1892).

GRANGE. — Des accidents produits par l'électricité dans son emploi industriel. (*Ann. hyg. et méd. leg. Thèse de Paris*, 1885, p. 113).

- GRINDON. — Pruritis following an electric shock (*St-Louis Conv. méd.* 1890, p. 421).
- GUTTMANN (L.). — Les effets physiologiques des courants alternatifs à haute tension. (*Arch. élect. méd.* 1895, p. 340).
- HEDLEY (W. S.). — Pathologie et traitement des accidents causés par l'électricité (*The lancet*, 25 août 1894).
- Premiers secours dans les accidents électriques (*The lancet*, 2 fév., 1895).
- HELLMUND. — Danger des courants alternatifs. (*Elekt. anz.* 1900, *méd. ann. in Elect. World*, 1900).
- HERTZ. — Untersuchungen ueber die Ausbreitung der elektrischen Kraft. (*Leipzig*, 1892).
- HOFF (Van). — Electric prostation. (*New-York med. Record*, 8 fév. 1889).
- HOPKINSON. — Dangers des générateurs secondaires. (*Philosophica Magazine*, 1885).
- HOUSTON. — On muscular contractions following death by electricity (*Proceeding. amer. Philad. Soc.* 1890, p. 37).
- HUMMEL. — Intense electric shock with recovery. (*Méd. bull. Phil.* 1885, p. 128).
- Industrie électrique.* — 11 juin 1892 et 21 août 1898.
- Industria, Milano.* — Sulla tutela della sicurezza pubblica negli impianti elettrici (30 oct. 1892).
- Azione fisiologica delle corenti alternative a grande frequenza (13 nov. 1892).
- JACKSON. — Schock from an electricwire (*Boston med. and surg. Journ.* 17 sept. 1891).
- JARVIS (Ch.). — Le procès, l'exécution, l'autopsie, l'état mental de Czolgosz, l'assassin de Mac-Kinley (*Presse med.* 18 janv. 1902).
- JELLINEK (S.). — Effets expérimentaux des courants de haute fréquence sur les animaux (*Semaine méd.* 18 déc. 1901.)

- JELLINEK (S.). — L'électricité et la narcose chloroformique (*Wien Klin. Woch.* 7 nov. 1901).
- Action des courants électriques de haute fréquence (*Sem. méd.* 1902 p. 107).
- JENKS (W. J.). — Electrical execution (*New-York med. journ.* 14 mai 1892 p. 542).
- JESSEN (Dr). — Sur les lésions produites par les courants intenses (*Munsch. med. Woch.* 4 fev. 1902).
- KATH (H.). — La sécurité de l'homme vis-à-vis des installations électriques (*Congrès de la Soc. des Electrotechniciens allemands à Hanovre et Eclairage élect.* 20 oct. 1899).
- KEIRLE. — Case of death by electricity (*Phil. Times med.* 15 janv. 1899).
- KENNELLY. — Expériences faites au laboratoire d'Edison à New-Jersey (*Elect. World août*, 1888).
- KILLNIGWORTH. — Continental electric light stations. London and New-York (1892).
- KOEBNER. — Ueber eine durch den galvanischen Strom hervorgerufenetrophische Hauteizung (*Neurol. Central.* 1890).
- KORTHALS. — L'action des courants alternatifs sur le corps humain (*Lumière électrique* 3 sept. 1892 p. 486).
- KRATTER. — Ueber der Tod durch Electricität (*Wien Klin. Woch.* 1894).
- Der Tod durch Electricität (*Leipzig* 1896).
- KRAYENHOFF. — Voir Troostuych.
- Lancet (The)*. — 1890.
- LECOMTE (A.). — Voir Bordier (H.).
- Recherches expérimentales sur l'action physiologique des courants de haute fréquence (*Thèse de Lyon* 1901).
- LEDUC (Stéphane). — Production du sommeil et de l'anesthésie générale et locale par les courants électriques (*C. R. Acad. Sc. CXXXV juillet* 1902).

- LEDUC (Stéphane). — L'inhibition cérébrale électrique chez l'homme (*Arch. élect. méd.* 1902, p. 769).
- Malherbe et Rousseau. — Production de l'inhibition cérébrale chez l'homme par les courants électriques (*Soc. de Biol.* 29 nov. 1902).
- LEWIS (Jones). — The lethal effects of electrical currents (*Brit. med. Jour.* 2 mars 1895).
- LOYE (P.). — L'application de la peine de mort par l'électricité (*Progrès méd.* 1889, p. 530).
- La mort par la décapitation (*Thèse de Paris* 1887).
- Lumière électrique.* — *Collection du Journal.*
- MAC-DONALD. — Report an the execution by electricy of W. Kemmler presented to the Governor (20 sept. 1891).
- The infliction of the Death Penalty by means of Electricity (*New-York med. Journal*, 7 et 14 mai 1892).
- Peine de mort par l'électricité (*Rev. encyclop.* 15 janv. 1894).
- Le procès, l'exécution, l'autopsie, l'état mental de Léon Czolgosz, alias Fred Nieman, l'assassin du président Mac-Kinley (*Med. Record*, n° 1626, 4 janv. 1902).
- MALLY et BEACH. — L'électrocution en Amérique (*Presse méd.* 7 sept. 1898).
- MANDRY. — Accident produit par un courant électrique à très haute tension (*Med. corresp.* 6 mars 1897).
- MARAT. — Expériences sur la fulguration (*Mém. sur l'électricité méd.* Rouen, 1784).
- Medical Record.* — Ce que coûte une électrocution involontaire aux Compagnies électriques des Etats-Unis (4 janv. 1896).
- Medicolegal Journal.* — Electrocution (déc. 1891).
- Medicolegal papers of New-York.* — T. II et III.
- Medicolegal Society.* — Discussion upon judicial execution by electricity. Transactions medicolegal Society (*Med. leg. Journal* 1889).

- Ministère des Télégraphes italiens.* — Règlements sur les installations électriques (*Lumière élect.* 1892).
- MORAT et DOYON. — Traité de Physiologie (1902).
- MOUNT BLEYER. — Best method of capital Punishment (*mars* 1888, p. 44).
- Expériences sur la mort par l'électricité (*Humb. scientif. library mars* 1887).
- MOYER. — *Chicago med. Journ. and examiner*, nov. 1886).
- NANSOUTY (Max de). — Dangers et avantages physiologiques de l'électricité (*génie civil* 1892).
- North American Review.* — Capital punishment by electricity (1889 T. 149, p. 321).
- Nouvelliste de Lyon (Le).* — Suicide par l'électricité (11 janv. 1903).
- OLIVIER et BOLAM. — Cause de la mort par les chocs électriques (*British med. journ.* 1898).
- PELLISSIER. — Article sur les effets physiologiques des courants de haute fréquence (*lumière élect.* 1892).
- PETERSON (F.). — Exécution des criminels par l'électricité. — Rapport à la Société de médecine légale de New-York (*Ann. d'hyg. méd. lég.* 1889).
- PETERSON. — (*New-York Record.* 1889).
- Petit Marseillais.* — Accidents (10 oct. 1895).
- PHILIP COMBS KNAPP. — Accidents from the electric currents (*Boston med. and surg. Journal* 1890).
- PLA (Eduardo). — Cas de mort par l'électricité industrielle (*Brochure, la Havane.* 1891).
- Presse vétérinaire.* — (déc. 1900).
- PRÉVOST (J. L.). — Contribution à l'étude des trémulations fibrillaires du cœur électrisé (*Trav. du Labor. de l'Univ. Genève I et Rev. médic. de la Suisse romande Genève* 1898).
- PREVOST (J.-L.) et BATTELLI (F.). — La mort par les courants électriques, courant alternatif à bas voltage (*Journ. Phys. et Path. génér., I, p. 399*).
- La mort par les courants électriques, courants alterna-

tifs à haute tension (*Journ. Phys. et Path. gén.*, I, 427, et *C. R. Acad. Sc.*, CXXVIII, p. 668, 13 mars 1899).

PRÉVOST (J.-L.) et BATTELLI (F.). — La mort par les courants électriques, courant continu (*Journal Phys. et Path. gén.*, I, p. 689 et *C. R. Acad. Sc.* CXXVIII, p. 842, 27 mars 1899).

— La mort par les décharges électriques (*Journal Phys. et Path. gén.* I, p. 1085 et 1114 et *C. R. Acad. Sc.*, CXXIX, 23 oct. 1899).

— La mort par les courants électriques (*Rev. Méd. de la Suisse romande*, XIX, p. 345-574, 1899).

— Sur quelques effets des décharges électriques sur le cœur des mammifères (*C. R. Acad. Sc.*, CXXIX, p. 1267, 26 déc. 1899, et *Journal Phys. et Path.*, II, p. 350).

— Influence du nombre des périodes sur les effets mortels des courants alternatifs (*Journ. phys. et Path. gén.* II, p. 755; *Arch. élect. méd.*, 1900, p. 401, et 1<sup>er</sup> Congrès intern. d'Elect. et radiol. méd. Paris, juillet 1900).

PRIESTLEY (Joseph). — Histoire de l'électricité (*trad. de l'anglais. Paris*, 1771. T. III, p. 315).

*Progrès médical.* — Electrocutation de Rice à Auburn (18 mai 1892).

PRUS (J.). — Sur la ranimation après la mort par suffocation, intoxication de chloroforme et commotion électrique (*Wiener Klin. Woch.*, 1900, nos 22-22).

PUTNAM. — (*Boston med. and. surg. Journal*, 1876).

QUARRIE (George). — An Electric Novelty natural electricity and Physiology (*New-York med. Journal*, 9 juillet 1892).

— Electric Lighting in its relation to public Health (*Boston, med. and surg. Journal*, 1892).

— Accident électrique (8 juillet 1892).

- QUERTON. — La mort par l'électricité (*Journ. med. de Bruxelles*, 1899, p. 361).
- Revue d'hygiène.* — Eclairage électrique (1892).
- Dangers des conducteurs (1891).
- Revue scientifique.* — La foudre aux Etats-Unis (16 mars 1895).
- RICHARDSON (R.). — On Research with the large induction coil of the royal polytechnic institution with special reference to the cause and phenomena of death by Lightning (*Med. Times and Gazette*, 1869. T. I, p. 511).
- ROBERT. — A case of electrical shock (*Saint-Louis Can. med.*, 1886, p. 398).
- ROCKWELLE. — Discussion of electrical Execution (*Journ. amer. med. Asso.*, 24 sept. 1872 et *The med. and surg. Rep.*, 15-july 1892).
- Favorable outlook for Electrocution in New-York (*The prim. of the amer. med. Assoc.*, vol. XVIII, p<sup>e</sup> 17, 23 avril 1892).
- SCHAFER. — Deutsche archiv für Klinische medizin (T. 91, p. 48).
- SESTIER. — De la foudre (*Paris*, 1885).
- SHIELD. — The post mortem appearances in a case of theat by Electricity (*Britis. med.. Journ.* 1885).
- SILVA (B). — Delle resistenze elettrica del corpo umano in condizioni normali e patologiche (*Revista sperim.* T. XV, p. 190).
- Society of Telegrph. Engineers and Electricaes of London.* — Règlements sur les conducteurs électriques.
- SOURIER. — Des accidents de la foudre (*Gaz. des Hôp.*, 1892).
- SPITZKA. — Preliminary report concerning the post mortem changes in the first person executed by electricity (*Med. monats.*, N.-Y.).
- L'autopsie de Léon Czolgosz (*Med. Rec.*, 4 janv. 1902).
- TATUM. — *New-York méd. Journ.*, fev. 1890).

- TERRY. — A caso shwing the distructive Canterbury effects of an electric light wire (*North amér. Journ., of homæop. New-York, déc. 1888, p. 505.*)
- TESLA. — Expériences sur les courants alternatifs de haute fréquence (*Lumière élect., 1891, p. 21.*)
- Conférence à la Société internationale des Electriciens (19 fév. 1892, *Bull. de la Soc., 1892, p. 87.*)
- Testimony taken before the Senate Comittee state printer on general Laws as to electricity and Electric Lighting, 1890.*
- THOMSON (E.). — Sur l'induction aux tensions et aux fréquences très élevées (*Elect. World, 2 avril 1892, et Lum. élec., 30 avril 1892, p. 44.*)
- TOLLEMER. — Les chocs électriques (*Presse Méd., 1902.*)
- TOURDES. — Fulguration (*Dict. encyclop. des Sc. méd.*)
- Accident occasionné par la foudre au pont de Kehl (13 juillet 1869, *Brochure; Gaz. med. Strasbourg, 25 août 1869; C. R. Ac. Sc., 1869.*)
- TROOSTWICK et KRAYENHOFF. — De l'application de l'électricité à la physique et à la médecine (*Amsterdam, 1788.*)
- TURQUAN (V.). — Les sinistres agricoles, la foudre et les foudroyés (*Rev. scient., 7 nov. 1896.*)
- VERHOOGEN. — Sur les variations pathologiques de la résistance du corps humain (*Journ. de Méd. de Bruxelles, 4 juin 1872, p. 23. et Gaz. hebd. 1892, p. 1.*)
- VIBERT. — Précis de médecine légale (1900).
- VIGOUROUX. — Résistance électrique du corps (*Progrès méd., 1888, p. 324; Soc. de Biologie, 89-90.*)
- De l'emploi thérapeutique des courants à haute fréquence (courants de Tesla) (*Progr. méd., 21 nov. 1896.*)
- VINCENT (Ch.). — Dangers de la lumière électrique.
- VINCENT (de Guéret). — Etude médico-légale sur la fulguration (*Gaz. hôp., sept. 1892.*)

- VIZIOLI. — Fulguration (*Ann. de neur.*).
- WEISS (G.). — Contribution à l'étude de l'électrophysiologie (*Thèse de Paris*, 1889).
- Technique de l'électrophysiologie (*Encyclopédie Léauté*, 1892).
- Mesure de la résistance des tissus organisés (*Bull. Soc. Electr.*, 1889).
- WESTINGHOUSE (G.). — A repli to Mr. Edison (*North. amer. rev.*, déc. 1889, p. 149).
- Electric light and public Safety (*North. amer. rev.*, mars 1890).
- WHITE. — Electrical executions (*Med. News Phila.*, 1890).
- WITZ. — Les victimes de l'électricité (*Journ. des Sc. méd. Lille*, 1899, et *Ann. de psych.*, juillet, 1893).
-



Source: *Author's calculations*.

---









